



วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร

สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ปีที่ 19 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2567

ISSN : 1905-4963 (Print) ISSN : 2672-9296 (Online)

PHRANAKHON RAJABHAT
RESEARCH JOURNAL
(Science and Technology)



วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี Phranakhon Rajabhat Research Journal (Science and Technology)

ปีที่ 19 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2567

Vol. 19 No.1 January - June 2024

เจ้าของ

ISSN : 1905-4963 (Print)

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

ISSN : 2672-9296 (Online)

วัตถุประสงค์

เพื่อเป็นสื่อกลางในการเผยแพร่ผลงานวิชาการและงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แก่ สาขา คณิตศาสตร์ สถิติ ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา ชีวเคมี จุลชีววิทยา เทคโนโลยีชีวภาพ เกษตรศาสตร์ วิทยาศาสตร์การอาหาร คหกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ทางทะเล วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม วิทยาศาสตร์สุขภาพ การพยาบาล การสาธารณสุข คอมพิวเตอร์ วัสดุศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และอุตสาหกรรม สถาปัตยกรรม หรือวิทยาศาสตร์ประยุกต์

ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.เป็รื่อง กิจรัตน์ภร

อธิการบดี

รองศาสตราจารย์ประกาศิต โสไกร

รองอธิการบดี

อาจารย์ ดร.วฤชา ประจักษ์ศักดิ์

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

อาจารย์วรารุช ยอดจันทร์

คณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

รองศาสตราจารย์ ดร.อนันตกุล อินทรผดุง

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

บรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประกายดาว ยิ่งสง่า

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ศาสตราจารย์ ดร.เรณูมาศ มาอ่อน

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศาสตราจารย์ ดร.สัลยุทธ์ สว่างวรรณ

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ศาสตราจารย์ ดร.พวงเพ็ญ ศิริรักษ์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ศาสตราจารย์ ดร.ชิดชนก เหลือสินทรัพย์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศาสตราจารย์ ดร.พิเชษฐ ลิ้มสุวรรณ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

รองศาสตราจารย์ ดร.โองการ วนิชาชีวะ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

รองศาสตราจารย์ ดร.มณฑล ศาสนนันท์

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

รองศาสตราจารย์ ดร.ชาลีตา บรมพิชัยชาติกุล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รองศาสตราจารย์ ดร.พิรพล เวทีกุล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รองศาสตราจารย์ ดร.ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

รองศาสตราจารย์ ดร.วศิน เลิศพัฒนารักษ์	มหาวิทยาลัยศิลปากร
รองศาสตราจารย์ ดร.สุพัตรา โพธิ์เอี่ยม	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รองศาสตราจารย์ ดร.มนตรี ทองคำ	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รองศาสตราจารย์ ดร.อรรถพล แก้ววิลัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รองศาสตราจารย์ ดร.อะเคื้อ กุลประสูติติก	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ลดา มัทธุสศ	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรสิน สุภวาลัย	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนภูมิ ศิริงาม	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภินันท์ สุทธิธารวัช	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวดี ลีมีงสวัสดิ์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมฤดี สักการเวช	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ กำแพงฤทธิรงค์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาสุระ อังกุลานนท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฬาลักษณ์ ชามัญกุล	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรวิทย์ สุขัยยะ	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อชิยา รัตนพิทยาภรณ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัษยานนท์ จิตรโรจนรักษ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
อาจารย์ ดร.กิตติพงษ์ เยาวาจา	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.เมธิณี รัตธสาร	กรมสอบสวนคดีพิเศษ
อาจารย์ ดร.ภาคภูมิ บวบทอง	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

เลขานุการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัศมี แสงศิริมงคลยิ่ง มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

ผู้ช่วยเลขานุการ

นางสาวสพราณี ขมจ่มจ้ง สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

ผู้ช่วยกองบรรณาธิการ

นางเดือนเพ็ญ สุขทอง	สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
นางสาวมัทนา เกตุโพธิ์ทอง	สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
นางสาวนวมล พลบุญ	สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
นางสาวศุภราพร เกตุกลม	สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
นางสาวทัศน ปิ่นทอง	สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
นายรัชตะ อนวัชกุล	สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
นายจักรพันธ์ ก้อนมณี	สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
นางสาววราภรณ์ แสงสุริศรี	สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
นางสาวธนพร ชนาธิปภรณ์	สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
นายวิวัช หล่อศรีจันทร์	สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

บทบรรณาธิการ

วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ปีที่ 19 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2567 เป็นวารสารวิชาการระดับชาติที่อยู่ในฐานข้อมูลของ TCI ได้รับรวมบทความ เพื่อเผยแพร่ แลกเปลี่ยนความรู้ทางวิชาการและการวิจัยของคณาจารย์ นักศึกษา และผู้ทรงคุณวุฒิทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย

เนื้อหาสาระในวารสารฉบับนี้มีบทความเกี่ยวกับศาสตร์ทางด้านวิศวกรรมและการอุตสาหกรรม การแพทย์แผนไทย ส่งเสริมการเกษตร เทคโนโลยีสารสนเทศ นิติวิทยาศาสตร์ และวิศวกรรมอาหาร ทุกเรื่องมีความน่าสนใจและเป็นประโยชน์เหมาะสมกับผู้สนใจ ซึ่งบทความทุกบทความได้ผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยที่มีความเชี่ยวชาญในเรื่องนั้น ๆ เป็นที่เรียบร้อยแล้ว กองบรรณาธิการหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวารสารฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ทางวิชาการสำหรับนักวิชาการ นักวิจัย คณาจารย์ นักศึกษา และผู้ที่สนใจต่อไป

การจัดทำวารสารฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความร่วมมืออย่างดียิ่งจากผู้เขียนบทความ ผู้ทรงคุณวุฒิ กองบรรณาธิการ ตลอดจนบุคคลท่านอื่น ๆ ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประกายดาว ยิ่งสง่า
บรรณาธิการวารสารวิจัยราชภัฏพระนคร
สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ (Readers)
ประจำวารสารวิจัยราชภัฏพระนคร (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)

รองศาสตราจารย์ ดร.นราภรณ์ เกาประเสริฐ
รองศาสตราจารย์ ดร.ธนิดา ผาติเสนาะ
รองศาสตราจารย์ ดร.ณิชารีย์ ใจคำวัง
รองศาสตราจารย์ ดร.อนุกร ภูเรือรัตน์
รองศาสตราจารย์ (พิเศษ) พล.ต.ท.ดร.ณรงค์ กุลนิเทศ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรัช แก้ววิเศษ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อารยา มุ่งชำนาญกิจ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธณภัฏ เมธนาวิ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาสุระ อังกุลานนท์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุทัย มีคำ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาดา ศรีเจริญ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภญ.สุชาดา จรุงเรืองโชค
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัศมี แสงศิริมงคลยิ่ง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วาสนา วิญญรัตน์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฑาทิพย์ เกลิมผล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัมปนาท คูศิริรัตน์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นุชรัตน์ นุชประยูร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กุสุมา ศรียากุล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เขมฤทัย ถามะพัฒน์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์คมกฤต เมฆสกุล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชุติมา อุปถัมภ์
อาจารย์ ดร.ธรรมบุญ ทีวีชัย
อาจารย์ ดร.พิมลวรรณ เกตพันธ์
อาจารย์ ดร.ธีรจิต แสนพล

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ปัตตานี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยรังสิต
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
มหาวิทยาลัยพิบูลย์สงคราม
มหาวิทยาลัยรังสิต
มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
มหาวิทยาลัยพะเยา
มหาวิทยาลัยราชชมคลองเทพ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารบัญ

	หน้า
บทบรรณาธิการ	D
รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ (Readers) ประจำวารสารวิจัยราชภัฏพระนคร (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)	E
สารบัญ	F
บทความวิจัย	
ENHANCING THE LIFESPAN AND DURABILITY OF BAMBOO (MAI PAI) IN THAILAND <i>Kittikhun Mangkhang*, Prakasit Sokrai, Sataporn Pokpong, Chulalak Changul, Natt Makul and Rataphol Sanghasuk</i>	1
การปรับปรุงอุปกรณ์และสถานประกอบการกะหอยนางรมเพื่อลดความเสี่ยงด้านการยศาสตร์ของแรงงานในพื้นที่อ่างศิลา จังหวัดชลบุรี <i>สุจิต ภัทรพทุธ* ศุภกร ขนาธิติกุล ธนวัฒน์ อุทธาเครือ พิลิฐุ เกษรสุวรรณ และ นันทพร ภัทรพทุธ</i>	17
การวิเคราะห์ปริมาณเถ้ารวม เถ้าที่ไม่ละลายในกรด และการตรวจสอบสารเคมีกำจัดแมลงตกค้างของสมุนไพรรักษาเห็บแมลงในเขตกรุงเทพมหานคร <i>ชยานนท์ เขาวรรณกุล และ ชวณ พุ่มพวง*</i>	29
แนวทางการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์ของเกษตรกรในอำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม <i>เจนณรงค์ สันป่าแก้ว* สุนันท์ สีสั่ง และ พลสรายุ สราญรมย์</i>	41
แซทบอทอัจฉริยะให้คำปรึกษาทางการเรียน กรณีศึกษา ศูนย์ให้คำปรึกษา คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม <i>พิรพัฒน์ จันท*</i>	53
ประสิทธิภาพของรากต้นรางจืดแคปซูลต่อการลดปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจ <i>ศลิษา พุ่มพวง* และธวัชชัย กมลธรรม</i>	62
การเปรียบเทียบรูปร่าง ขนาดและปริมาณอนุภาคของเขม่าป็นภายหลังจากการยิงด้วยกระสุนแบบกึ่งกันและกระสุนปืนจริงด้วยเทคนิค SEM-EDX <i>ชลธิกานต์ บุญเลิศ* วรชัช วิชชวานิชย์ และ ปริญญา สีสานนท์</i>	73
การเพิ่มประสิทธิภาพการทำความสะอาดสายพานเกลียวโดยใช้เทคโนโลยีอัลตราโซนิกส์ <i>กรรณกมล แสงสวาท เขมฤทัย งามะพัฒน์* สุวลักษณ์ อัครสันติ และ สุวิษ ศิริวัฒน์โยธิน</i>	83
ภาคผนวก	96
รายละเอียดการเตรียมบทความ	97
ขั้นตอนการพิจารณาบทความ	101
รูปแบบบทความเพื่อส่งตีพิมพ์	102
จริยธรรมในการตีพิมพ์	106

ENHANCING THE LIFESPAN AND DURABILITY OF BAMBOO (MAI PAI) IN THAILAND

Kittikhun Mangkhang^{1*}, Prakasit Sokrai¹, Sataporn Pokpong¹, Chulalak Changul¹, Natt Makul¹
and Rataphol Sangkhasuk²

¹Department of Civil Engineering Technology, Faculty of Industrial Technology,
Phranakhon Rajabhat University, Bangkok, 10220

²Department of Logistic Management, Faculty of Industrial Technology,
Phranakhon Rajabhat University, Bangkok, 10220

*E-mail: kittikhun@pnru.ac.th

Received: 2023-08-26

Revised: 2024-02-06

Accepted: 2024-02-29

ABSTRACT

The purpose of this study was to identify local knowledge that can be used to treat bamboo to render it more resistant to fungi, termites, and snout beetles with the ultimate goal of extending its life, particularly for construction usage. The experimental setup focuses on three species of bamboo (*Bambusa bambos* bamboo, rough giant bamboo, and *Bambusa vulgaris* bamboo), three environments (darkroom (indoor not exposed to light), indoor, and outdoor), and five traditional approaches to preserve bamboo (allowed to dry naturally, baked without soaking, baked and then soaked in water, baked and then soaked in saline, and baked and then soaked in wood vinegar). All three species of bamboo, the treatments used, and the impact of local wisdom were statistically significant at the 0.05 level. To prevent fungal infestation, all three bamboo species were baked and then soaked in water or saline before being placed in a darkroom or another indoor environment to dry. Only *Bambusa bambos* bamboos was found to be suitable for using outdoors. For all three species of bamboo, baking followed by soaking in wood vinegar was found to provide great results in protection against the growth of fungus. However, the applied treatments did not yield protection against termites in any bamboo. The significance level of the finding that baking extends the useful life of bamboo is 0.05.

Keywords: Bamboo Lifespan Local wisdom; *Bambusa bambos* bamboo; Rough giant bamboo; *Bambusa vulgaris* bamboo

Introduction

Originating in Thailand, bamboo exists in several varieties, evincing significant genetic variation (Phuangchik, 2013; Chewpreecha et al., 2016), and Thai people have made use of this plant in dozens of ways for hundreds of years (Maneeoud, 2018). Bamboo is used in a wide range of everyday applications (Dumklang et al., 2020; Palombini & Nogueira, 2023). In fact, bamboo can be put to such a wide range of uses that it is often referred to as a “wonder plant.” In-home life, for example, is used

for furniture instead of timber. Bamboo is also used to produce fibers for high-quality fuel, a context in which it is a practical kind of alternative power. Charcoal made from bamboo is of a superior grade in comparison with charcoal, which does not include this material in its composition and has been used in the building industry. Construction and decorating are two prominent applications. It is also applicable to a wide range of residential settings. As bamboo is a hardwood, the plant's trunk is robust but lightweight, flexible, and pliable. Bamboo is currently used in every sector of the design industry. Compared with constructing a building with concrete and steel, the cost of using bamboo straw is significantly lower. Bamboo straw can be used to produce food, basketry, furniture, and for the elements that make up a house, such as windows, pillars, or even roofs.

Due to its many benefits, natural bamboo is used in furniture, construction, packaging, and bridges. These benefits include quick development, ecological compatibility, 2-5 years maturity, regeneration capacities, good mechanical properties, hardness, and copious resources. However, natural bamboo has hydrophilicity and moisture resistance issues. To improve their biological durability, therapies, and changes are needed. Physical treatment is cheaper, more environmentally friendly, and easier to use than chemical and biological treatment, which pollute the environment. At this time, the harmful impact of chemicals on the environment and their negative consequences for human health have become an issue of great concern. In addition, environmental groups from across the United States have collaborated to outlaw the use of three of the most well-known and widely used wood preservatives: chromate copper arsenate (CCA), pentachlorophenol (PCP), and pentachlorophenol. It is well known that both CCA and PCP pose a significant risk to human health. For example, the Forest Research Institute of New Zealand has used foam pressed into wood to prevent the growth of wood fungi, which is safer and less expensive than using less effective chemicals.

According to a study by the Royal Forest Department of Thailand's Research Division, wax is more effective than pesticides in preventing the growth of wood-destroying fungi and mold when used as a coating on wood. Another effective treatment for preserving bamboo is wood vinegar derived from natural sources. Wood vinegar is a liquid generated from the gas and combustion of fresh wood burning in airless conditions. When the gas is cooled, it condenses into liquid (Wessapan et al., 2013). More than 200 distinct chemical components, including acetic acid, formic acid, and methanol, are found in wood vinegar (Rakmai, 2009). Formaldehyde, acetone, and phenol are beneficial chemicals in various industries, including agriculture, home cleaning, and animal production.

Additionally, some studies focus on wood preservatives that do not include creosote such that they consist of risk-free compounds—i.e., vinegar made from wood. As this kind of vinegar is toxic to snout beetles, using it to cure wood may protect the latter from insect destruction.

There are many kinds of bamboo, including *G.atrolviolascea*, *G.apsu*, *G.atter*, *D.asper*, and *Bambusa vulgaris*. Of these five kinds of bamboo, *Bambusa vulgaris* has the highest proportion of cellulose (53.34%), whereas *G.apus* has the highest proportion of nitrogen content (0.33%), and *G.atter*

the highest proportion of lignin (27.33%). This is a matter of some importance, as the extent of the damage to bamboo caused by termites has been connected to the chemical composition of different types of bamboo. However, in chemical treatment, rosin acid treatment effectively improves the mold resistance and WCA of natural bamboo materials. In recent studies of the chemical treatment, rosin treatment has received attention because it is environmentally friendly. Rosin treatment significantly reduces the MC of natural bamboo materials, increases their WAC, and ultimately improves their hydrophobicity (Su et al., 2021; Yang et al., 2023).

Research has shown that it is possible to dissipate transmitted electromagnetic wave (EMW) energy by inducing interfacial/dipolar polarization and conductive loss processes in many materials, such as timber and laminated composites. This can be achieved by placing an inorganic/polymer equivalent circuit on the material's surface. Concerning bamboo, Qiuyi et al. (2022) investigated the possibility of adding a TiO₂@KH-570 coating to the material's surface by using polydimethylsiloxane to bridge the hydrogen link and the covalent bond. This coating improves the mechanical strength and surface hydrophobicity of the bamboo, renders it more effective in self-cleaning, and improves its resistance to aging and mildew. According to Jing et al. (2022), the microfibrillar aggregates of parenchyma cells vary at the subcellular scale, and parenchyma cells are more susceptible to ambient humidity changes than fibers. Their experiment showed that at a relative humidity of more than 40%, there were significant differences between the various components of bamboo in terms of the amount of moisture present.

The present study aims to identify local practices that support the durability of bamboo and thus extend its life, particularly for the purpose of construction. The Chai Badan District in Lopburi Province provided the research team with the bamboo used to build housing in the area. Bamboo is cut only in November and December when few snout beetles are active and only when it has been growing for at least three years. Our experiment used *bambusa bambos*, rough giant bamboo, and *bambusa vulgaris*, each belonging to a different bamboo genus. To fulfill the goal of extending the useful life of bamboo, each kind of bamboo was subjected to five experiments; each focused on trying a specific technique: natural release, air drying, baking, or water soaking. The treated bamboo was tested in three different environments: dry naturally, baked without soaking, baked and then soaked in water, baked and saline, and baked and then soaked in wood vinegar.

Materials and Methods

Materials

Bamboo sourced from the Chai Badan District in Lopburi Province, three species of bamboo—*Bambusa bambos* bamboo (*Bambusa bambos* (L.) Voss), Rough giant bamboo (*Dendrocalamus asper* (Schultes f.) Backer ex Heyne), and *Bambusa vulgaris* (*Bambusa vulgaris* Schrad. ex H.Wendl.)—each from a different genus were used in the experiments (Figure 1).

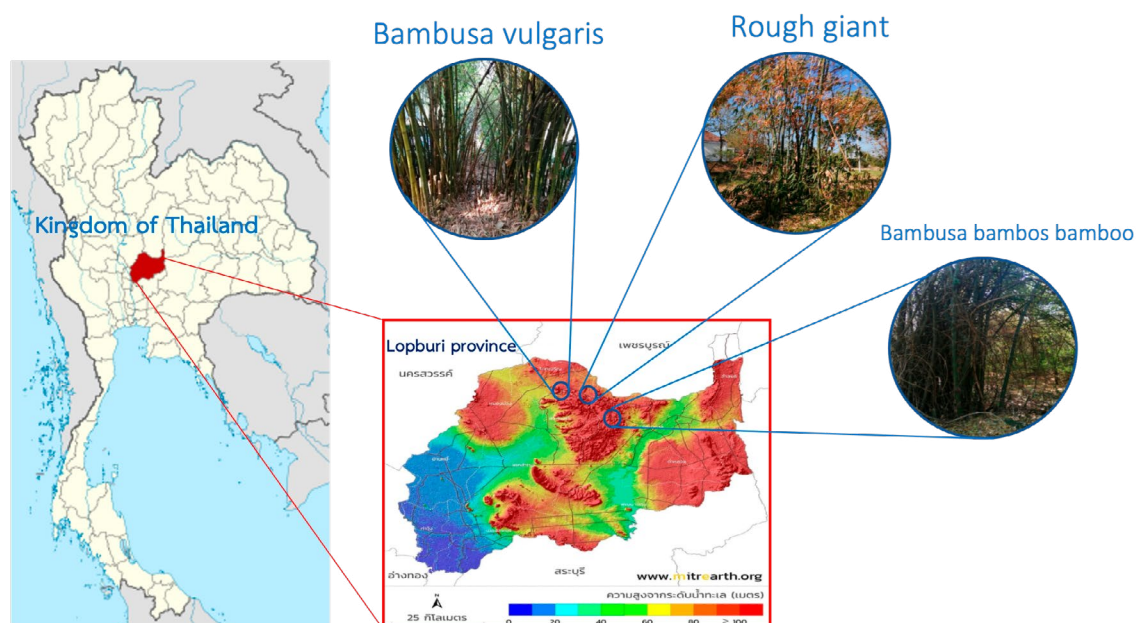


Figure 1 Three species of bamboo sourced from Lopburi province, Thailand.

(Adapted from Sangkittipaiboon et al. (2015))

Methods

The utilization of a Randomized Complete Block Design (RCBD) is a statistical methodology employed for the purpose of designing a pragmatic experiment. The testing approach used for pairwise comparisons of several treatment groups, known as Fisher's least significant difference (LSD) process, is implemented in Microsoft Excel. This methodology involves evaluating the disparities between the population means for each pair by independently sampling each set, utilizing samples from the three distinct bamboo species as previously mentioned. Fisher's least significant difference (LSD) test was employed to analyze a specimen from each of the three samples in each of the five experimental configurations utilized. Each specimen, with dimensions of approximately 25 mm in width, 500 mm in length, and 10 mm in thickness (with variations in thickness observed across different species), was buried at a depth of 2,000 mm in the earth at the designated test location. Data was gathered over a period of 12 months from the designated test site, during which specimens were subjected to testing for the presence of fungus and termites. The naturalness of both bamboo samples was assessed by evaluating the levels of fungal development, moth infestation, and termite infestation in three distinct circumstances including outdoor, indoor, and indoor.

Process to extend the lifespan of bamboo

In the current investigation, the oven is consistently held at a constant temperature of $103 \pm 2^\circ\text{C}$ for the purpose of baking. Additionally, the oven is equipped with a fan to facilitate air circulation and a vent that provides for the discharge of moisture and water vapor. The bamboo is prepared for further processing by being chopped to the desired proportions and left to air-dry for a period of 45 days, as per the subsequent processes as shown in Fig. 2.

Method 1	Method 2	Method 3	Method 4
Bake only. Place the bamboo in the oven to bake. The amount of moisture in the bamboo does not exceed 10–14 % (Figure 2).	Bake and soak in water. Bake the bamboo in an oven for how long. The moisture content in the bamboo between 10 and 14%. Then soak the bamboo in water for one month.	Bake and soak in saline. Bake the bamboo in an oven for how long? The bamboo has a moisture level of between 10 and 14%. Then soak the bamboo in water containing 20% salt for 30 days.	Bake and soak in wood vinegar. Bake the bamboo in an oven in an oven for 1 day. The bamboo has a moisture level of no more than 10–14%. Then soak the bamboo in wood vinegar containing 20% for 30 days.



(a) Bamboo specimens



(b) Cutting and trimming bamboo specimens



(c) Bamboo specimens for testing

Figure 2 Processing bamboo specimens for testing.

Methods for extending the life of bamboo

Three specimens of *Bambusa bambos*, often known as Rough Giant Bamboo, and *Bambusa vulgaris* were positioned in a raised orientation against a wall within an indoor space characterized by low illumination. Furthermore, three samples of *Bambusa bambos*, often known as Rough Giant Bamboo, and *Bambusa vulgaris* were inserted into the ground, namely at a depth of 200 mm. Outdoor observations of any alterations in the specimens were conducted after a duration of 12 months. The bamboo specimens were appropriately labeled in accordance with a predetermined process to facilitate their identification.

(1) Prevent fungus.

By collecting samples of the three designated kinds of bamboo through the process of cutting. The recommended method for drying branches and leaves is to arrange them in a natural drying environment, such as under a roof outdoors, for a duration of 14 days. It is advisable to trim the branches to a width that is approximately 25 times the length of the bamboo species, specifically measured 500 mm in length and 5 mm in thickness. Measure the bamboo specimen using a vernier caliper. Cut and weigh a small piece of bamboo and then bake the bamboo specimen. Place the bamboo in an electric oven that has the ability to change and regulate the temperature. Examine the oven to ensure that a temperature of $(130 \pm 2^{\circ}\text{C})$ is maintained for 24 hours after the electric burner has been turned off. Allow the bamboo to come down to room temperature. Measure the bamboo specimen using a vernier caliper.

Step 1	▶	Step 2	▶	Step 3	▶	Step 4
Place nine specimens of each type of bamboo and maintain in an area with natural air circulation for one month.		Soak nine specimens of each type of bamboo and place in a bucket of water to soak for one month.		Soak nine specimens each of bamboo, in a bucket of water containing 20% salt for 30 days.		Soak nine specimens of each type of bamboo for 30 days in a bucket of water containing 20% wood vinegar.

The data were obtained through the examination of fungal activity in each of the bamboo specimens under three different conditions: indoor, darkroom, and outdoor. At regular intervals of 30 days, the fungal incidence proportion was assessed in relation to the fungal incidence proportion detected in the original bamboo.

(2) Prevent snout beetles.

Each of the three specified species of bamboo was acquired and shaped by removing the branches and foliage. The bamboo should be allowed to undergo natural drying indoors, preferably under a shelter, for a duration of 15 days. The specimens were cut with approximate dimensions of $25 \times 500 \times 5$ mm, with the thickness varied according to the specific species. Utilize a vernier caliper to quantify the dimensions of the bamboo specimen. The bamboo specimens should be subjected to a controlled baking process by being positioned within an electric oven equipped with temperature regulation capabilities. This oven should be capable of sustaining a temperature of $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ for a duration of twenty-four hours subsequent to the deactivation of the electric burner. Ensure that the bamboo is brought to ambient temperature. Utilize a vernier caliper to ascertain the dimensions of the bamboo specimen. The objective is to gather a total of nine specimens for each kind of bamboo, specifically *Bambusa bambos*, also referred to as bamboo grove, and *Bambusa vulgaris*. Following this, utilize organic methods to eradicate the gathered specimens. The information was gathered by comparing regions of bamboo that had been afflicted by moths in three separate settings: indoors, in a darkroom, and outside. These areas were compared to areas of bamboo that had not been infested by moths.

Step 1	▶	Step 2	▶	Step 3	▶	Step 4
Leave 27 samples of each kind of bamboo to aerate naturally for 1 month.		Soak 9 of each kind of bamboo in a bucket of water with 20% salt for 30 days.		Soak 9 of each kind of bamboo in a bucket of water and orange juice for 30 days		Soak 9 of each kind of bamboo in a bucket of wood vinegar and for 30 days.

(3) Determining the durability of bamboo

To assess the durability of bamboo and develop construction methods that are suitable for it, we facilitated the participation of snout beetles, fungi, and termites in the degradation of experimental bamboo. The resulting disintegration was then categorized into different levels of durability.

Excellent	Very good	Moderate	Not good	Useless
No damage discovered (0) 0%	Slight damage (1) (not more than 10%)	Moderate damage (2) (11–30%)	Very damaged (3) (31–50%)	Unusable (4) (more than 50%)

(4) Examination of community knowledge concerning bamboo preservation

In order to collect knowledge regarding community practices aimed at prolonging the durability of bamboo for construction applications, this study focuses on three types of bamboo: *Bambusa bambos* bamboo, *Rough giant bamboo*, and *Bambusa vulgaris* bamboo. These bamboo species are naturally abundant in the Chai Badan District of Lopburi Province, where they are extensively utilized in construction activities. Due to the limited activity of snout beetles during the winter season, the harvesting of bamboo often takes place in the months of November and December. The methodology employed at the local level for determining the age of bamboo is rather straightforward. There are five methods for enhancing the longevity of bamboo. One of these approaches involves utilizing an oven that is equipped with a vent system, which serves the purpose of facilitating air circulation and enabling the dissipation of moisture and water vapor. There are five potential approaches to the following:

- Cut the bamboo to the required size and air-dry for 45 days.
- Place the bamboo in an oven with the temperature maintained at $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$. The bamboo's moisture level is between 10 and 14%.
- Bake and soak the bamboo in water (tap water). Place the bamboo in an oven with temperature maintained at $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$.
- The bamboo has a moisture level between 10 and 14% and is soaked in water for 30 days.
- After heating for 24 hours, the bamboo has a moisture level of between 10 and 14%. It is then soaked in water for 30 days to achieve as follows:
- Bake the bamboo and then soak it in a saline (sea salt) solution. The bamboo's moisture level is between 10 and 14%, steeped in 20% salt water for 30 days.

g. Bake and soak wood vinegar. The bamboo has a moisture level between 10 and 14% and is steeped for 30 days in 20% wood vinegar.

(5) Apply indigenous knowledge to increase the longevity of bamboo

To extend the lifespan of bamboo for building purposes, this experimental design draws on traditional wisdom. To achieve the goals of the research, a method is created to lengthen bamboo's durability in proportion to the types of situations in which it will be employed. Extending the bamboo is the first stage in preparing it for usage. There are five potential approaches to the following:

a. After the bamboo has been prepared, cut it to size and let it dry naturally for 15 days.

b. The bamboo is baked in an oven whose temperature is steady at $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ and can be controlled by air currents that may circulate. A consistent temperature should be maintained inside the oven, and a vent for moisture and water vapor should be left. The bamboo's moisture level is between 10 and 14%.

c. Bake and soak in water. Bring bamboo to an oven capable of maintaining a consistent temperature of $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$, in which air may flow, for baking. A consistent temperature should be maintained inside the oven, and a vent for moisture and water vapor should be left. To have the bamboo's moisture content between 10 and 14 %, soak the bamboo in water for 30 days.

d. Bring bamboo to an oven capable of maintaining a consistent temperature of $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$, in which air may flow, for baking. A consistent temperature should be maintained inside the oven, and a vent for moisture and water vapor should be left. Bake and soak in saline. The bamboo's moisture level is between 10 and 14%, steeped in 20% salt water for 30 days.

e. Bake and soak in wood vinegar. Bring bamboo to an oven capable of maintaining a consistent temperature of $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$, in which air may flow, for baking. A consistent temperature should be maintained inside the oven, and a vent for moisture and water vapor should be left. The bamboo has a moisture level between 10 and 14% and is steeped for 30 days in 20%v/v wood vinegar.

The aforementioned bamboo preparation was tested to the test in three diverse environments: indoor, outdoor, and darkroom.

a. Several specimens of *Bambusa bambos*, bamboo stems, and *Bambusa vulgaris*, each measuring approximately 25 mm wide by 500 mm long, with the thickness varies depending to the species. On a piece of colored lacquered fabric tape, write the code that has been established for each species, and then connect that tape to each sample (Figure 3).

b. Soak some of the *Bambusa bambos* bamboo, Rough giant bamboo, and *Bambusa vulgaris* bamboo samples in 20% wood vinegar and some of the samples in 20% salt for 30 days in a darkroom. Then dry the samples for 24 hours at a constant temperature of $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ in an oven with a vent for moisture and water vapor to escape. The moisture level of the bamboo is between 10 and 14 %, and the bamboo is unprocessed and natural.

c. In the open air, *Bambusa bambos* bamboo, *Rough giant bamboo*, and *Bambusa vulgaris* bamboo have been soaked in 20% wood vinegar, 20% salt water, and 30 days of water, and then dry for 24 hours in a temperature-controlled oven. Air may flow within the oven at $103 \pm 2^\circ\text{C}$ to maintain a constant temperature, and there should be a vent for moisture and water vapor. The moisture level of the bamboo is between 10 and 14%, and the bamboo is unprocessed and natural. Depending on the type of bamboo, the sample size of bamboo is usually 25 mm wide $\times$ 500 mm long $\times$ 25 mm thick. The code is ready to be written on bamboo tape, lacquered cloth, and stitched 200 mm below the earth's surface (Figures 4 and 5).



(a) Bamboo specimens during testing



(b) Bamboo specimens after testing

Figure 3 Multiple samples of three species of bamboo before snout beetle treatment (R) and after snout beetle treatment.



(a) Bamboo specimens during testing



(b) Bamboo specimens after testing

Figure 4 Depicts the snout beetle protection concept for bamboo in a darkroom setting.



(a) Bamboo specimens during testing



(b) Bamboo specimens after testing

Figure 5 Depicts the durability and protection against snout beetles that degrade outdoor bamboo design and recording of changes every month for a year

(6) Experimental analysis and discussion

The data collected from the experimental treatment were subjected to analysis using a Randomized Complete Block Design (RCBD). To assess the differences between the population, mean for each pair of outcomes, Fisher's Least Significant Difference (LSD) statistical approach was employed. This involved independently sampling each set and comparing the resulting findings. Utilizing a sample group of three distinct bamboo species, the study incorporated three experimental settings, namely indoor, darkroom, and outdoor environments. Additionally, the production of moths was conducted at one of the experimental sites. This discussion pertains to the real-life evaluation of fungal infections and termite infestations, with specific reference to the five treatment methods applicable to bamboo: natural treatment, dry treatment, dried treatment, and water soaking treatment. The process involves first drying the substance, then soaking it in a saline solution, and subsequently drying it again before soaking it in wood vinegar. Utilizing a statistical analysis through the employment of the SPSS software application prior to data input can serve as a preventive measure against the increase of mold, moths, and termites.

Results and discussion

Utilizing the experimental methodology established, an analysis was carried out to assess the effectiveness of localized techniques in the preservation of bamboo for construction purposes. This section provides a description of the outcomes obtained from our experimental investigations.

Durability of bamboo

The evaluation of the results was conducted using the Randomized Complete Block Design (RCBD) and Fisher's Least Significant Difference (LSD) statistical method. This methodology was employed to analyze the variations between the means of different populations, which were established through independent sampling of each respective group. The versatility of bamboo may be demonstrated by the utilization of three design environments, namely indoor, darkroom, and outdoor, and the examination of three focus species of bamboo, specifically *Bambusa bambos* bamboo, Rough giant bamboo, and *Bambusa vulgaris* bamboo. The methodology employed for using bamboo in construction will assess three key attributes pertaining to the durability of bamboo, namely its resistance to mold and termites, as illustrated in Table 1.

Table 1 Determination of bamboo's durability and building techniques

Fungi [n]											
Place [e]	Type [a]	Natural process [i]		Drying process [j]		Drying process and after being soaked in water [k]		Saline [l]		Drying process of bamboo with wood vinegar [m]	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Indoor [f]	Bambusa bambos[b]	48.9967	23.81959	19.5000	11.98883	.0000	.00000	.0000	.00000	48.9967	23.81959
	Rough Giant Bamboo[c]	42.2333	19.51976	12.1900	.53113	.0000	.00000	.0000	.00000	42.2333	19.51976
	Bambusa vulgaris[d]	6.5867	.25658	.0000	.00000	.0000	.00000	.0000	.00000	6.5867	.25658
	Total	32.6056	25.02987	10.5633	10.43019	.0000	.00000	.0000	.00000	32.6056	25.02987
Darkroom [g]	Bambusa bambos	.2700	.26514	1.1033	.10263	.0000	.00000	.0000	.00000	.2700	.26514
	Rough Giant Bamboo	.8033	.02309	.7333	.28006	.0000	.00000	.0000	.00000	.8033	.02309
	Bambusa vulgaris	.5633	.28501	.1433	.24826	.1733	.30022	.0000	.00000	.5633	.28501
	Total	.5456	.30254	.6600	.46203	.0578	.17333	.0000	.00000	.5456	.30254
Outdoor [h]	Bambusa bambos	11.6533	2.05115	36.0167	4.18598	26.8067	2.16218	25.0700	.57166	11.6533	2.05115
	Rough Giant Bamboo	17.2033	3.01631	36.5467	4.07750	26.8367	2.96024	18.9167	1.14409	17.2033	3.01631
	Bambusa vulgaris	21.1533	7.23071	34.0467	1.97510	21.9367	.56083	21.7333	1.38601	21.1533	7.23071
	Total	16.6700	5.78611	35.5367	3.28844	25.1933	3.06661	21.9067	2.82940	16.6700	5.78611
Total	Bambusa bambos	20.3067	25.10402	18.8733	16.40392	8.9356	13.44686	8.3567	12.53826	20.3067	25.10402
	Rough Giant Bamboo	20.0800	20.59170	16.4900	15.97291	8.9456	13.49972	6.3056	9.47562	20.0800	20.59170
	Bambusa vulgaris	9.4344	9.85696	11.3967	17.01675	7.3700	10.92989	7.2444	10.88874	9.4344	9.85696
	Total	16.6070	19.51909	15.5867	16.13990	8.4170	12.20811	7.3022	10.64001	16.6070	19.51909
Snout beetles [o]											
Place [e]	Type [a]	Natural process [i]		Drying process [j]		Drying process and after being soaked in water [k]		Saline [l]		Drying process of bamboo with wood vinegar [m]	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	Mean	SD	Mean
Indoor [f]	Bambusa bambos	.0600	.04359	.1967	.03055	.1067	.02887	.0633	.00577	.0233	.01155
	Rough Giant Bamboo	.0767	.00577	.2300	.13000	.0900	.01000	.0667	.01155	.0300	.00000
	Bambusa vulgaris	.5067	.14572	.3667	.09452	.3167	.07095	.1867	.05033	.0867	.00577
	Total	.2144	.23212	.2644	.11304	.1711	.11602	.1056	.06616	.0467	.03082
Darkroom [g]	Bambusa bambos	.1167	.02082	.0933	.00577	.2933	.35233	.0733	.01155	.0000	.00000
	Rough Giant Bamboo	.1700	.02646	.1533	.04163	.1367	.02309	.1400	.04583	.0667	.01155
	Bambusa vulgaris	.5267	.11060	.4200	8.21656	.6167	.14844	.2633	.06807	.1567	.00577
	Total	.2711	.20152	.2222	.18667	.3489	.28568	.1589	.09320	.0744	.06839
Outdoor [h]	Bambusa bambos	.1367	.00577	.0900	.00000	.0333	.00577	.0400	.00000	.0000	.00000
	Rough Giant Bamboo	.1067	.00577	.1267	.02082	.0367	.00577	.0467	.00577	.0433	.00577
	Bambusa vulgaris	.9633	.20207	.3067	.07371	.1500	.10583	.1833	.01155	.0600	.01000
	Total	.4022	.43301	.1744	.10748	.0733	.07826	.0900	.07036	.0344	.02744

Table 1 (Cont.) Determination of bamboo's durability and building techniques

Snout beetles [o]											
Place [e]	Type [a]	Natural process [i]		Drying process [j]		Drying process and after being soaked in water [k]		Saline [l]		Drying process of bamboo with wood vinegar [m]	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	Mean	SD	Mean
Total	Bambusa bambos	.1044	.04216	.1267	.05477	.1444	.21149	.0589	.01616	.0078	.01302
	Rough Giant Bamboo	.1178	.04353	.1700	.08322	.0878	.04522	.0844	.04876	.0467	.01732
	Bambusa vulgaris	.6656	.26178	.3644	.13315	.3611	.22696	.2111	.05798	.1011	.04372
	Total	.2959	.30526	.2204	.14004	.1978	.21130	.1181	.08029	.0519	.0474
Termites [p]											
Place [e]	Type [a]	Natural process [i]		Drying process [j]		Drying process and after being soaked in water [k]		Saline [l]		Drying process of bamboo with wood vinegar [m]	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	Mean	SD	Mean
Indoor [f]	Bambusa bambos	.0000	.00000	.0000	.00000	.0000	.00000	.0000	.00000	.0000	.00000
	Rough Giant Bamboo	.0000	.00000	.0000	.00000	.0000	.00000	.0000	.00000	.0000	.00000
	Bambusa vulgaris	.0000	.00000	.0000	.00000	.0000	.00000	.0000	.00000	.0000	.00000
	Total	.0000	.00000	.0000	.00000	.0000	.00000	.0000	.00000	.0000	.00000
Darkroom [g]	Bambusa bambos	.0000	.00000	.0000	.00000	.0000	.00000	.0000	.00000	.0000	.00000
	Rough Giant Bamboo	.0000	.00000	.0000	.00000	.0000	.00000	.0000	.00000	.0000	.00000
	Bambusa vulgaris	.0000	.00000	.0000	.00000	.0000	.00000	.0000	.00000	.0000	.00000
	Total	.0000	.00000	.0000	.00000	.0000	.00000	.0000	.00000	.0000	.00000
Outdoor [h]	Bambusa bambos	21.6733	.52166	40.3433	3.21013	31.9133	8.01644	54.2267	7.18176	37.0933	3.31044
	Rough Giant Bamboo	29.4133	7.24028	36.1467	2.58206	42.1333	4.92622	79.7567	18.85035	31.2267	1.30024
	Bambusa vulgaris	75.2500	42.40927	37.5067	9.54939	67.6867	21.78394	86.3667	23.46643	33.6800	.56205
	Total	42.1122	33.04135	37.9989	5.52080	47.2444	19.88496	73.4500	21.34135	34.0000	3.12287
Total	Bambusa bambos	7.2244	10.83981	13.4478	20.23542	10.6378	16.45239	18.0756	27.35009	12.3644	18.62038
	Rough Giant Bamboo	9.8044	15.14567	12.0489	18.11939	14.0444	21.21017	26.5856	40.97701	10.4089	15.62686
	Bambusa vulgaris	25.0833	43.18885	12.5022	19.35162	22.5622	35.55287	28.7889	44.74895	11.2267	16.84234
	Total	14.0374	27.29785	12.6663	18.50917	15.7481	25.23392	24.4833	37.21716	11.3333	16.42467

Notes: [a] Type refers to the type of bamboo species tested for three species. [b] Bambusa bambos bamboo means Bambusa bambos, scientific name Bambusa bambos. [c] Rough giant bamboo means Rough Giant Bamboo, a scientific name. Dendrocalamus asper. [d] Bambusa vulgaris bamboo means Bambusa vulgaris, the scientific name Bambusa vulgaris "Vittata". [e] Place means a place is designed to simulate the environment of 3 places: indoor, darkroom, and outdoor. [f] "Indoor" means an umbrella with a canopy to protect from sun and rain. [g] "Darkroom" means a darkroom room wholly enclosed without sunlight and wind. [h] "Outdoor" means outdoors that is open and exposed to sunlight and wind. [i] Natural process refers to the experimental bamboo samples released naturally. [j] Dried means bamboo specimens that have been dried and left. Forty-five days were taken for testing. [k] Plain water means bamboo specimens that have been dried and left for 15 days and soaked in water for 30 days before being tested. [l] Saline refers to bamboo specimens that have been dried and left for 15 days, then soaked in 20% saline for 30 days before being tested. [m] Wood vinegar means bamboo specimens that have been dried and left for 15 days, soaked in 20% wood vinegar for 30 days, then subjected to experiment. [n] Fungi means fungi that occurs on black wood. [o] Snout beetles mean wood snout beetles are pests that destroy wood and make wood porous. [p] Termites mean termites are snout beetles that eat wood.

Impact of desiccation in a saltwater environment induces the proliferation of mold on bamboo surfaces

There was no evidence of the presence of fungi within any of the bamboo species under the conditions of darkness in the experimental circumstance. The fungal organism was found to be accountable for 18.91% of the issue at hand. Bamboo Tong and fungus accounted for 21.73% of the total in the outdoor design site. The proportion of contribution made by *Bambusa vulgaris*, an external design site, and fungi towards the establishment of an outdoor bamboo forest circumstance was recorded as 25.07% (Figure 6).

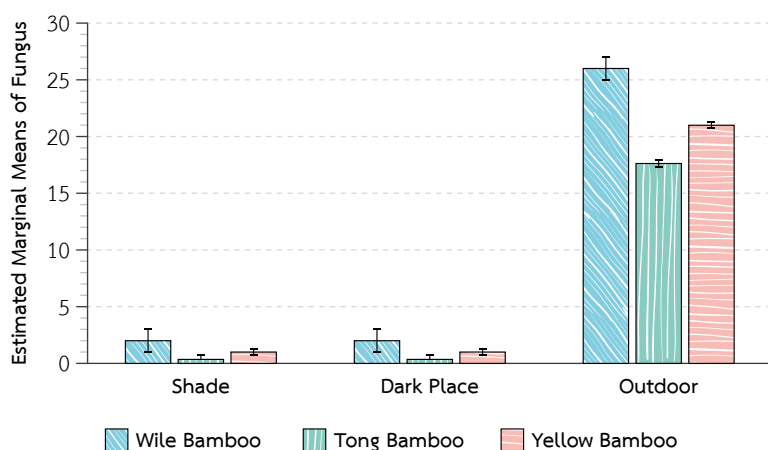


Figure 6 Quantity of mold present, bamboo species, and drying procedure all played a role in bamboo degradation.

Impact of moths in bamboo subjected to drying process with wood vinegar

The bamboo forest moth was not detected in either the darkroom or the outside habitat. The population of moths observed in the shadow of the bamboo forest constituted a mere 0.02% of the overall composition. The proportion of moths that were born constituted 0.03% of the overall population, while Bamboo Tong is renowned for its interior design concepts. Moths accounted for a mere 0.04% of the total contribution. An infestation of 0.06% of moths was detected in the exterior design of the Bamboo Tong. The study conducted by Bamboo Tong focused on the design of gloomy rooms, with a particular emphasis on the contribution of moths, which accounted for a little 0.06% of the overall percentage. Furthermore, the research explored the potential use of *Bambusa vulgaris* as a suitable material for outdoor architectural design. Moths accounted for a mere 0.08% of the total contribution, while *Bambusa vulgaris* served as a prominent choice for outdoor architectural design. Additionally, it was observed that moths accounted for 0.15% of the whole *Bambusa vulgaris*, darkroom decoration (Figure 7).

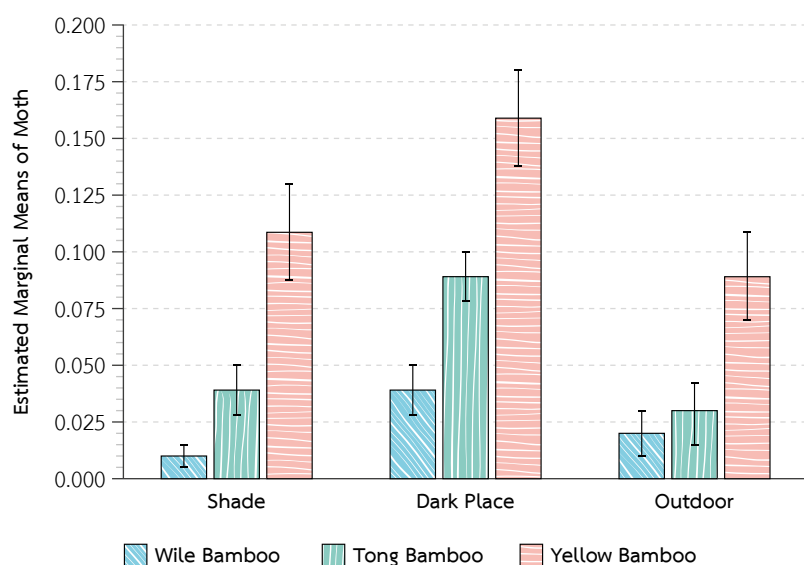


Figure 7 Incidence of moths for each type of bamboo associated with the drying process using wood vinegar

Impact of termites on the bamboo drying process in the presence of wood vinegar

There was no evidence of empirical support indicating the presence of termites within any of the bamboo species under the controlled conditions of the darkroom. Termites accounted for a proportion of 31.22%. Termites accounted for a proportion of 33.68% in the overall context. The allocation of 37.09% of the overall site was dedicated to the establishment of an outdoor bamboo forest environment, with significant emphasis placed on the phrases “*Bambusa vulgaris*,” “outdoor design location,” and “termites” (Figure 8).

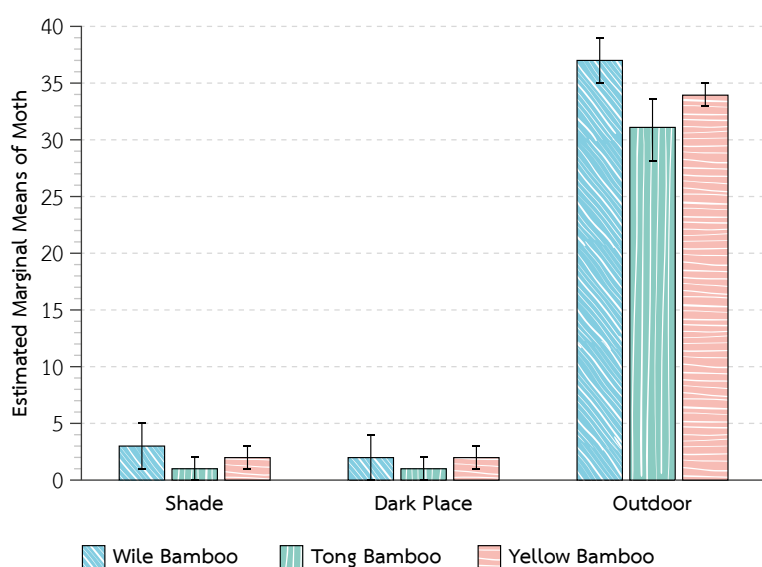


Figure 8 Incidence of termites for each bamboo species soaked in wood vinegar

Conclusions and future research

Based on the obtained results, the following conclusions are presented:

Bamboo fungi are naturally mold-free (very good), bamboo grove and *Bambusa vulgaris*, dark-room design. Fungal incidence was 0.6% (very good). In the bamboo room design at 13.19% (moderate) of indoor bamboo had fungi at 23.15% were fungi (moderate). It indoor *Bambusa vulgaris*. 33.1% were fungi (poor). Fungi made up 42.45% (poor) of bamboo forest outdoor design 52.18% were fungi (unusable level).

Bamboo mold, drying, bringing. No fungi were found (very good level). *Bambusa vulgaris* and bamboo woodland. Darkroom indoor design of 18.9% was fungi (moderate level) at 21.73% were fungi (moderate level). Yellow outdoor bamboo of 25.07% was fungi (moderate level).

Bamboo moths are natural. Moth-born bamboo forest indoor design was 0.06% (excellent), 0.07% was moth-born (very good), and 0.10% was moth-born (very good) of 0.11% was moths (very good). Bamboo forest darkroom Moth caused 0.13 (very good) Outdoor bamboo design of 0.17% were moths (very good) Darkroom Bamboo Tong room at 0.5% of moths hatched (very good). Bamboo indoor, yellow at 0.52% of moths marked (very good).

The bamboo heat treatment is well-developed, although several areas need further studies: (1) Conducting heat treatment on more bamboo species used for different goods. There are many bamboo species, but most heat treatments have been done on moso bamboo (*Phyllostachys pubescens*). (2) Designing economical heat treatment equipment. (3) Optimizing heat treatment parameters and balancing dimensional stability and mechanical qualities for final applications. Exploring innovative heat transfer media with high thermal stability, low cost, and low energy consumption. (5) Standardizing bamboo heat treatment and the market. (6) Developing non-destructive and fast heat-treated bamboo product quality testing technique. These issues demand researcher-entrepreneur collaboration. Bamboo heat treatment technologies allow it to be employed in more valuable industries.

Acknowledgments

This research was supported by funding from the Phranakhon Rajabhat University research grant #2565.

Declaration of Competing Interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships with any influence on the work reported in this paper.

References

- Chewpreecha, B., Chanprasert, K., & Kongpakdee, C. (2016). **Diversity, microscopic features and some properties of bamboos in Sakaeo and Prachinburi Province** (Research Reports). Chonburi, Thailand: Department of Biology, Faculty of Science, Burapha University. (In Thai)
- Dumklang, M., Bunpitak, S., & Tongaroonsri, S. (2020). Development process to improve the durability of bamboo in structure members. **Journal of Innovative Technology Research**, 4(2), 89–106. (In Thai)
- Jing, Y., Qi, C., & Benhua, F. (2022). Different characteristics in the hygroscopicity of the graded hierarchical bamboo structure. **Industrial Crops and Products**, 176(2), 114333.
- Maneeoud, P. (2018). A Creation of bamboo products to add values for namsong community in payuhakiri district, Nakhon Sawan Province. **Journal of Community Development Research (Humanities and Social Sciences)**, 11(3), 102-112. (In Thai)
- Palombini, F. L., & Nogueira, F. M. (Eds.). (2023). **Bamboo and Sustainable Construction**. Springer Nature. Republic of Singapore, Singapore.
- Phuangchik, T. (2013). Is bamboo an amazing plant?. **Journal Science and Technology**, 21(2): 180-185. (In Thai)
- Qiuyi, W., He, H., Zhichao, L., Xin, H., Xue, W., & Yanjun, L. (2022). Surface property enhancement of bamboo by inorganic materials coating with extended functional application. Composites Part A: **Applied Science and Manufacturing**, 155(5), 106848.
- Rakmai, J. (2009). **Chemical determinations, antimicrobial and antioxidants activities of Thai wood vinegars**. (Master thesis). Prince of Songkla University, Songkla, Thailand.
- Sangkittipai boon, S., Leklob, A., Sriplung, H., & Bilheem, S. (2015). Breast cancer in Lopburi, a province in central Thailand: Analysis of 2001-2010 incidence and future trends. **Asian Pacific of Journal of Cancer Prevention**, 16, 8359-8364.
- Su, N., Fang, C., Zhou, H., Tang, T., Zhang, S., & Fei, B. (2021). Hydrophobic treatment of bamboo with rosin. **Construction and Building Materials**, 271, 121507.
- Wessapan, T., Sutthisong, S., Somsuk, N., Hussaro, K., & Teekasap, S. (2013). A development of pyrolysis oven for wood vinegar production. **EAU Heritage Journal**, 7(1). 50-58.
- Yang, X., Huang, Y., Ye, C., Lin, X., Su, N., & Fei, B. (2023). (2023). Improving the dimensional stability of round bamboo by environment-friendly modified rosin. **Construction and Building Materials**, 365, 130078.

การปรับปรุงอุปกรณ์และสถานประกอบการกะหอยนางรมเพื่อลดความเสี่ยง
ด้านการยศาสตร์ของคณงานในพื้นที่อ่างศิลา จังหวัดชลบุรี
IMPROVEMENT OF OYSTER SHUCKING EQUIPMENT
AND WORK STATION FOR REDUCING ERGONOMIC RISK AMONG WORKERS
IN ANGSI LA AREA, CHONBURI PROVINCE

สุจี ภัทรพุทธ^{1*} ศุภกร ชนาธิติกุล² ธนวัฒน์ อุทธาเครือ² พิลิฐู เกษรสุวรรณ² และ นันทพร ภัทรพุทธ³

¹ภาควิชาวิศวกรรมกระบวนการและอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร กรุงเทพมหานคร 10530

²ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและโลจิสติกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร กรุงเทพมหานคร 10530

³ภาควิชาสุขศาสตร์อุตสาหกรรมและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี 20131

Sujee Phatrabuddha^{1*}, Supakorn Chanathitikul², Thanawat Uthakrue²,

Pisit Kesornsuwan² and Nantaporn Phatrabuddha³

¹Department of Process and Industrial Engineering, Faculty of Engineering and Technology,

Mahanakorn University of Technology, Bangkok 10530

²Department of Industrial and logistics Engineering, Faculty of Engineering and Technology,

Mahanakorn University of Technology, Bangkok 10530

³Department of Industrial Hygiene and Safety, Faculty of Public Health,

Burapha University, Chonburi 20131

*E-mail: Sujee@mut.ac.th

Received: 2023-11-21

Revised: 2024-03-14

Accepted: 2024-03-15

บทคัดย่อ

การกะหอยนางรมแบบดั้งเดิม โดยใช้เหล็กปลายแหลม ลักษณะงานเสี่ยงต่อการบาดเจ็บที่ข้อมือ แขน และ
อุบัติเหตุถูกเหล็กแทงมือได้ งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาแบบกึ่งทดลอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงอุปกรณ์ และสถานงาน
การกะหอยนางรมโดยใช้โปรแกรม Solid Work และเปรียบเทียบค่าความเสี่ยงทางการยศาสตร์ด้วยแบบประเมิน RULA
สำหรับการกะหอยแบบดั้งเดิมกับแบบใหม่ในคณงานกะหอยนางรมในพื้นที่อ่างศิลา จังหวัดชลบุรีจำนวน 8 คน
ผลการศึกษาการออกแบบอุปกรณ์กะหอยนางรมแบบใหม่ พบว่าอุปกรณ์ควรทำจากสแตนเลส โดยวิเคราะห์จากปัจจัย
ความแข็งแรง ความทนต่อการกัดกร่อนของน้ำทะเล อายุงานและราคา การออกแบบสถานงานใหม่ โดยจัดให้มีโต๊ะและ
เก้าอี้ที่มีความสูงพอเหมาะ ผลการเปรียบเทียบความเสี่ยงทางการยศาสตร์ พบว่าอุปกรณ์และสถานงานการกะหอย
นางรมแบบใหม่ ทำให้ค่าความเสี่ยงการบาดเจ็บที่ข้อมือและแขนลดลงร้อยละ 91.5 และ 87.5 ตามลำดับ และคะแนน
การประเมิน RULA พบว่า ความเสี่ยงทางการยศาสตร์ลดลงมากกว่าร้อยละ 57 โดยสามารถลดความเสี่ยงบริเวณข้อมือ
ได้มากที่สุด รองลงมาคือ ลำตัวและคอ แต่อาจมีค่าใช้จ่ายสูง หากภาครัฐหรือหน่วยงานท้องถิ่นให้การสนับสนุนก็จะ

สามารถพัฒนาต่อยอดในเชิงธุรกิจ ซึ่งจะทำให้เกิดการพัฒนาด้านการผลิต คุณภาพ และลดความเสี่ยงต่อสุขภาพในผู้ประกอบอาชีพพื้นบ้านได้

คำสำคัญ: ความเสี่ยงด้านการยศาสตร์ การบาดเจ็บกล้ามเนื้อ อุปกรณ์แกะหอยนางรม สถานีงาน

ABSTRACT

The traditional method for shucking oysters using a pointed iron had a chance of injuring the muscles of their hands and arms, and accidents of piercing hand from a sharp iron. This quasi-experimental research study aimed to improve oyster shucking equipment and work station by using a solid work program, and to compare the ergonomic risk score using a RULA (Rapid Upper Limb Assessment) questionnaire between the traditional and new oyster shucking methods among 8 oyster shuckers in Angsila area, Chonburi province. Results showed a new oyster shucking equipment should be made of stainless steel by analyzing factors of resistance to seawater corrosion, strength, service life and price, combined with a new workstation designed for the appropriate height tables and chairs. The results of the ergonomic risk comparison found that the new oyster shucking equipment could reduce wrist and arm injury risk by 91.5 and 87.5 percent, respectively. The RULA assessment score found that ergonomic risk was reduced by more than 57 percent compared to the traditional method. The new equipment can potentially reduce the ergonomic risk score for injuries to the wrist, torso and neck. With supports from the government or local agencies, they could be further developed as a business. This will cause development in terms of production, quality, safety and reduce the risk of occupational diseases among the local occupations.

Keywords: Ergonomic risks, Muscle injuries, Oyster shucking equipment, Workstation

บทนำ

หอยนางรมมีชื่อเสียงว่า Oyster จากการสำรวจพบว่าเริ่มมีการเลี้ยงหอยนางรมในประเทศไทยมาแล้วประมาณ 75 ปี การเพาะเลี้ยงหอยนางรมนิยมทำกันมากในบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก ได้แก่ จังหวัดชลบุรี จันทบุรี และตราด โดยเฉพาะจังหวัดชลบุรีซึ่งเป็นแหล่งท่องเที่ยวและเป็นหนึ่งในพื้นที่ระเบียงเศรษฐกิจภาคตะวันออกที่สำคัญ ตั้งอยู่ไม่ไกลจากกรุงเทพมหานคร พื้นที่ตำบลอ่างศิลา ในจังหวัดชลบุรี เป็นแหล่งเพาะเลี้ยงหอยนางรมที่มีจำนวนมากแห่งหนึ่ง เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีความเหมาะสมในการเพาะเลี้ยงจึงมีฟาร์มเลี้ยงหอยนางรมจำนวนมาก และตั้งไม่ไกลชายฝั่งมากนัก นอกจากนั้นยังมีสถานประกอบการขนาดเล็กหลายแห่งในอ่างศิลาที่ซื้อหอยนางรมจากที่อื่นเพื่อมาแกะขายทั้งในตลาดพื้นที่อ่างศิลา และส่งไปยังพื้นที่ต่าง ๆ ทั่วประเทศ (Muanglue, 2018)

ปัจจุบันการทำงานแกะหอยนางรมยังใช้วิธีแบบดั้งเดิมโดยใช้เหล็กปลายแหลมในการเปิดเปลือกหอย ซึ่งมีลักษณะขรุขระและแข็ง ขั้นตอนการแกะหอยนางรมแบบดั้งเดิม แบ่งออกได้เป็น 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) จัดเตรียมหอย 2) หยิบหอยมากำไว้ที่มีมือข้างใดข้างหนึ่งโดยต้องจับไว้ให้แน่น 3) ใช้มืออีกข้างหนึ่งจับมีดปลายแหลมแซะปากหอยให้เปิด 4) แซะเนื้อหอยให้หลุดจากฝา 5) นำหอยลงแช่ในอ่างน้ำเพื่อไม่ให้เหี่ยวและรักษาความสดของเนื้อหอย การแกะหอยนางรมต้องใช้เวลานานในการแกะเปลือกหอย ลักษณะงานมีความเสี่ยงค่อนข้างสูงต่อการเกิดอุบัติเหตุจากการถูกเหล็กแหลมแทงมือในขณะทำงาน โดยเฉพาะหากขาดความชำนาญ นอกจากนี้ยังต้องออกแรงมากในการจับยึดเปลือกหอยและบิดข้อมือทั้ง 2 ข้าง

ในการแกะหอยทำให้ผู้ประกอบอาชีพมีโอกาสบาดเจ็บกล้ามเนื้อส่วนมือและข้อมือในขณะทำงานได้ (Hsu et al., 2011) ผลการสำรวจเบื้องต้นจากแบบสอบถามความเมื่อยล้าตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกายในรอบ 1 เดือนที่ผ่านมา ในคนงานแกะหอยนางรมจำนวน 8 คน อายุระหว่าง 26-35 ปี พบว่าส่วนใหญ่มีอาการปวดเมื่อยข้อมือ แขน คอ และลำตัว ในระดับมากถึงมากที่สุดร้อยละ 90.5 87.5 60.0 และ 12.5 ตามลำดับ (Chanathitikul et al., 2020)

จากรายงานสถิติการเกิดโรคและการบาดเจ็บจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อมของกรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข พบว่าการบาดเจ็บจำแนกตามสาเหตุรายประเด็นการประสบอันตรายสูงสุด ได้แก่ วัตถุตัด/บาด/ทิ่มแทง ร้อยละ 23.95 โดยวัยวัยที่ลูกจ้างได้รับอันตรายสูงสุดได้แก่ นิ้วมือ ร้อยละ 29.90 หากจำแนกตามอาชีพ พบว่าผู้ประกอบอาชีพเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทำฟาร์มหอยนางรมมีจำนวนผู้ได้รับการบาดเจ็บจากการทำงานจำนวน 1,473 คน คิดเป็นอัตราป่วย 8 ต่อแสนคน และหากจำแนกตามกลุ่มโรคในรายอาชีพ พบว่ามีจำนวนผู้บาดเจ็บหรือเจ็บป่วยจากโรคความผิดปกติของกระดูกและกล้ามเนื้อ (Musculoskeletal disorders; MSDs) และเฉพาะในกลุ่มผู้ประกอบอาชีพทำฟาร์มหอยนางรมจำนวน 760 คน คิดเป็นอัตราป่วย 1 ต่อแสนคน (Health Data Center, Ministry of Public Health, 2017)

มีงานวิจัยต่างประเทศหลายฉบับที่ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการเฝ้าระวังโรคจากการประกอบอาชีพแกะหอยนางรม (Kim et al., 2021; Park et al., 2021) โดยมีการศึกษาการบาดเจ็บและโรคจากการทำงานในคนงานแกะหอยนางรมในประเทศเกาหลีใต้ จำนวน 590 คน พบว่าคนงานส่วนใหญ่เป็นโรคข้อนิ้วเสื่อม (Hand osteoarthritis) ร้อยละ 84 โรคกดทับเส้นประสาทข้อมือ (Carpal tunnel syndrome) ร้อยละ 72 และกลุ่มอาการกระดูก ulnar ยาวเกินไปกระดูกข้อมือ ร้อยละ 41 นอกจากนี้ Hsu et al. (2011) ได้ศึกษาอาการบาดเจ็บอันเกิดจากการทำงานของคนงานแกะหอยนางรมในไต้หวัน พบว่าส่วนใหญ่มีการบาดเจ็บที่หลังส่วนล่างร้อยละ 75.2 มือและข้อมือร้อยละ 60.3 ไหล่ร้อยละ 44 และข้อศอก ร้อยละ 27.8 การศึกษาวิธีการปรับปรุงสถานงานและสภาพแวดล้อมการทำงานให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น นับว่าเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนางานในภาคอุตสาหกรรมหรือชุมชน ให้มีความพร้อมในการแข่งขันทั้งด้านคุณภาพ ราคา รวมถึงด้านความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม การนำหลักการยศาสตร์ (Ergonomics) ไปประยุกต์ใช้เพื่อปรับปรุงสถานงาน ทำทางในการทำงาน และการจัดหาอุปกรณ์ที่เหมาะสมในการทำงานจะสร้างความคุ้มค่าสำหรับการดำเนินธุรกิจในระยะยาวได้เป็นอย่างดีเพราะสามารถลดต้นทุนสุขภาพจากการใช้แรงหรือการออกแรงของผู้ปฏิบัติงานได้ รวมถึงเสริมสร้างประสิทธิภาพและความปลอดภัยในการทำงานให้ดียิ่งขึ้น (Kumtorm, 2020) การประเมินความเสี่ยงทางกายศาสตร์สามารถนำมาปรับปรุงทั้งสถานที่ อุปกรณ์ในที่ทำงาน และเครื่องมือต่าง ๆ การประเมินด้วยวิธี Rapid Upper Limb Assessment (RULA) เป็นวิธีการที่พัฒนาขึ้นโดย McAtamney & Corlett (1993) เพื่อใช้ประเมินท่าทางการทำงานในท่า นั่งหรือมุ่งเน้นการประเมินท่าทางการเคลื่อนไหวของร่างกายส่วนบน มีงานวิจัยมากมายที่ศึกษาประเมินความเสี่ยงด้านกายศาสตร์โดยใช้ RULA เพื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิผลของการออกแบบปรับปรุงสถานงานหรืออุปกรณ์ ซึ่งสามารถใช้ในการชี้บ่งระดับความเสี่ยงหรือระดับอันตรายของการทำงานของคนงานได้เป็นอย่างดี (Monkolkaensai, 2019; Lohapontakoon, 2018; Saengsoda et al., 2017; Mali & Vyavahare, 2015)

ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาการประยุกต์ใช้หลักการทางกายศาสตร์ปรับปรุงสถานงานและอุปกรณ์แกะหอยนางรมแบบดั้งเดิมในกลุ่มผู้ประกอบการพื้นบ้าน โดยเฉพาะผู้ประกอบอาชีพแกะหอยนางรมนั้น มีความเสี่ยงทั้งอุปกรณ์ที่ใช้และสถานงานที่อาจทำให้เกิดอุบัติเหตุและการบาดเจ็บจากการทำงานได้ ซึ่งผลการดำเนินการดังกล่าวคาดว่าจะสามารถช่วยลดความเสี่ยงด้านความปลอดภัยและสุขภาพของผู้ประกอบอาชีพได้

วิธีการ

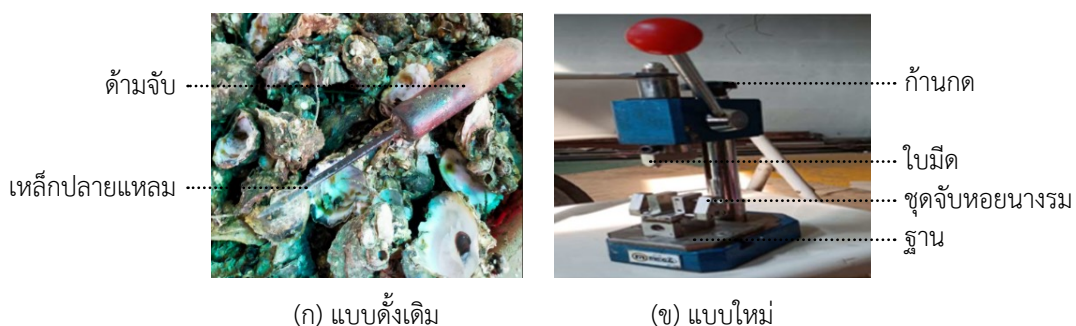
การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง โดยการออกแบบปรับปรุงอุปกรณ์และสถานการณ์ในการแกะหอยนางรมเพื่อลดความเสี่ยงจากการบาดเจ็บกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย จากนั้นนำไปประเมินเปรียบเทียบค่าความเสี่ยงด้านการยศาสตร์ก่อนและหลังการปรับปรุงดังกล่าวด้วยแบบประเมิน RULA (Rapid Upper Limb Assessment) ประชากรศึกษา คือ คนงานแกะหอยนางรมในพื้นที่อ่างศิลา จังหวัดชลบุรี จำนวน 6 แห่ง รวม 32 คน ทำการสุ่มคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling) จำนวน 1 แห่ง ทั้งหมด 8 คน โดยมีเกณฑ์คัดเลือก ได้แก่ 1) สมัครใจเข้าร่วมโครงการ 2) มีประสบการณ์แกะหอยนางรมไม่น้อยกว่า 1 ปี 3) พูดและฟังภาษาไทยได้

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ 1) อุปกรณ์สำหรับเขียนโปรแกรมแบบ Solid Work ในการออกแบบชิ้นส่วนต่าง ๆ ได้แก่ ชิ้นส่วนจับยึดหรือฟิกเจอร์ในการจับหอยนางรม ชิ้นส่วนคมมีด ชิ้นส่วนฐานอุปกรณ์ 2) เครื่องจักรกลพื้นฐานในการผลิตชิ้นส่วนโลหะทั่วไปเช่น เครื่องกลึง เครื่องกัด เครื่องตัด เครื่องเชื่อม 3) กล้องบันทึกภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว 4) แบบประเมิน RULA การประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ด้วยวิธี RULA เพื่อใช้ประเมินความรุนแรงของท่าทางการทำงาน โดยเฉพาะงานที่นั่งทำงาน พิจารณาจุดทำงานต่าง ๆ ในกระบวนการผลิต การประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA ประเมินความเสี่ยงของแต่ละบุคคลจากลักษณะท่าทางการทำงาน โดยพิจารณาตำแหน่งและการเคลื่อนไหว โดยแบ่งการวิเคราะห์ส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ได้แก่ ท่าทางของแขนส่วนบน แขนส่วนล่าง ข้อมือ คอ ลำตัว และขา โดยเกณฑ์การให้คะแนนเป็นไปตามเกณฑ์ของ McAtamney & Corlett (1993) จากนั้นนำคะแนนมาวิเคราะห์ผลสรุปคะแนนเพื่อพิจารณาระดับความเสี่ยงมีทั้งหมด 4 ระดับ โดยระดับที่ 1 คะแนน 1-2 หมายถึง ยอมรับได้ แต่อาจมีปัญหาทางการยศาสตร์ได้ถ้ามีการทำงานดังกล่าวซ้ำ ๆ ต่อเนื่องเป็นเวลานานกว่าเดิม ระดับที่ 2 คะแนน 3-4 หมายถึง ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมและติดตามวัดผลอย่างต่อเนื่องอาจจะต้องมีการออกแบบงานใหม่ ระดับที่ 3 คะแนน 5-6 หมายถึงงานนั้นเป็นปัญหา ควรศึกษาปรับปรุงเพิ่มเติม และควรปรับปรุง เพื่อประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์และปรับปรุงสภาพการทำงานของการแกะหอยนางรม ระดับที่ 4 คะแนน 7 หมายถึง งานนั้นมีปัญหาทางการยศาสตร์และต้องปรับปรุงทันที

การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยเริ่มจาก 1) ผู้วิจัยทำการศึกษาสำรวจข้อมูลสถานที่และจำนวนผู้ประกอบการอาชีพแกะหอยนางรมในพื้นที่อ่างศิลา จังหวัดชลบุรี 2) ดำเนินการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อจากการแกะหอยนางรม 3) วางแผนการออกแบบอุปกรณ์แกะหอยแบบใหม่ 4) ขออนุญาตสถานประกอบการเพื่อขอเก็บข้อมูลในคนงานแกะหอยนางรม 5) ทำการถ่ายภาพเพื่อประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์โดยใช้แบบประเมิน RULA ในคนงานที่ใช้อุปกรณ์แกะหอยแบบดั้งเดิม 6) สร้างอุปกรณ์แกะหอยแบบใหม่ 7) นำอุปกรณ์ที่ออกแบบใหม่ไปทดลองใช้ของคนงานแกะหอยและทำการถ่ายภาพเพื่อประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์โดยใช้แบบประเมิน RULA และ 8) วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้สถิติพรรณนาของจำนวน ร้อยละ ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผู้วิจัยได้ออกแบบและจัดทำอุปกรณ์แกะหอยนางรมแบบใหม่ เปรียบเทียบกับการแกะหอยนางรมแบบดั้งเดิม ซึ่งกลายเป็นเหล็กปลายแหลมและมีด้ามจับทำด้วยไม้ดัดภาพที่ 1 ในการออกแบบได้ทำการเปรียบเทียบเลือกวัสดุที่ใช้ ได้แก่ เหล็ก สแตนเลส และทองเหลือง โดยวิเคราะห์ปัจจัยด้านการป้องกันการกัดกร่อนของน้ำทะเล ความแข็งแรง อายุการใช้งาน ราคา ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 1 ซึ่งจากการวิเคราะห์ได้เลือกใช้สแตนเลส (เกรด 316) เนื่องจากผลการคำนวณคะแนนรวมของสแตนเลสมีค่าสูงสุดเท่ากับ 9.8 ซึ่งมีคะแนนสูงสุด เมื่อเทียบกับเหล็กและทองเหลือง ซึ่งคำนวณได้ 6.7 และ 9.2 ตามลำดับ



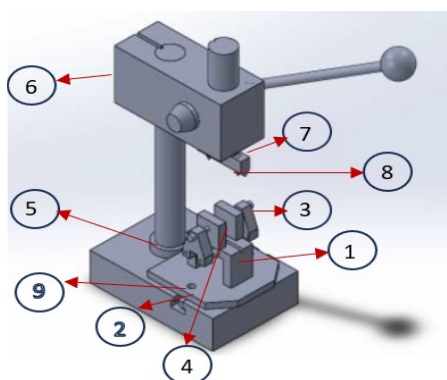
ภาพที่ 1 อุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการแกะหอยนางรมแบบดั้งเดิม (ก) และแบบใหม่ (ข)

ตารางที่ 1 คะแนนปัจจัยการเลือกวัสดุโดยการถ่วงน้ำหนัก

ปัจจัยการเลือกวัสดุ	น้ำหนัก*	วัสดุ		
		เหล็ก	สแตนเลส	ทองเหลือง
ความทนต่อการกัดกร่อนของน้ำทะเล	0.3	3	10	10
ความแข็งแรง	0.4	8	10	10
อายุการใช้งาน	0.2	8	10	10
ราคา	0.1	10	8	2
ผลการคำนวณคะแนนรวม		6.7	9.8	9.2

* Triantaphyllou & Mann (1995)

สำหรับการจัดสร้างเครื่องมือแกะหอยนางรมแบบใหม่ ในส่วนอุปกรณ์ได้ออกแบบให้มีส่วนประกอบทั้งหมด 9 ส่วนดังแสดงในภาพที่ 2 อุปกรณ์แกะหอยแบบใหม่มีน้ำหนักประมาณ 6 กิโลกรัม ราคาอุปกรณ์ซื้อเฉพาะในชิ้นส่วนที่ 6 เครื่องอัดขนาดเล็กและชิ้นส่วนที่ 9 นัต ขนาด M4 รวมค่าใช้จ่าย 7,700 บาท ซึ่งราคาที่ค่อนข้างสูงอาจเป็นข้อเสียของการใช้อุปกรณ์ใหม่นี้รวมถึงความสามารถในการซื้อของผู้ประกอบการรายย่อย อย่างไรก็ตามประโยชน์จากอุปกรณ์แกะหอยนางรมแบบใหม่ เช่น ธุรกิจการออกแบบและจัดทำอุปกรณ์ ผู้รับซื้อหอยนางรมเพื่อการแกะขาย (รายใหญ่) ซึ่งมีความสามารถในการลงทุนสูงกว่ารายย่อย รายละเอียดของชิ้นส่วนอุปกรณ์แกะหอยนางรมแบบใหม่ดังในตารางที่ 2



ภาพที่ 2 แบบของวัสดุและชิ้นส่วนของอุปกรณ์แกะหอยนางรมแบบใหม่
(รายละเอียดแต่ละหมายเลขดังแสดงในตารางที่ 2)

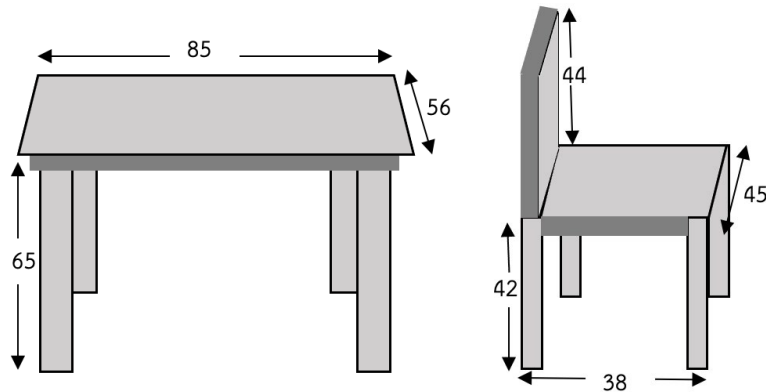
ตารางที่ 2 รายละเอียดแต่ละหมายเลขของวัสดุและชิ้นส่วนอุปกรณ์แกะหอยนางรมแบบใหม่

ลำดับ	ชื่อชิ้นส่วน	จำนวน (ชิ้น)	ขนาด (มิลลิเมตร)	รูปชิ้นส่วน
1	ฐานจับยึดตัวจับหอยนางรม	1	กว้าง 30 x ยาว 60 x สูง 30	
2	แผ่นเพลทรองฐาน	1	หนา 8 x สูง 100 x กว้าง 102	
3	ขาจับ	1	หนา 12 x กว้าง 30 x สูง 35	
4	ตัวจับหอยนางรม	2	กว้าง 30 x ยาว 30 x หนา 10	
5	ข้อต่อ	1	เส้นผ่านศูนย์กลาง 35 x สูง 40	
6	เครื่องอัดขนาดเล็กกำลังอัด 2 kN	1	-	
7	ฐานใบมีด	1	เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 x สูง 20 องศา 60	
8	ใบมีด	2	ยาว 60 x หนา 12	
9	นัต	7	M4 x 10	

จากการสังเกตและสอบถามกลุ่มตัวอย่าง พบว่าการแกะหอยนางรมแบบดั้งเดิมโดยใช้เหล็กปลายแหลม คนงานมีความเสี่ยงจากการถูกมีดปลายแหลมที่มือข้างที่จับยึดหอย มีความเสี่ยงการบาดเจ็บกล้ามเนื้อจากการบิดข้อมือ การแกะหอยนางรมทุกครั้งมีการโน้มตัวและเอียงตัวเนื่องจากคนงานนั่งแกะหอยที่บนเก้าอี้ขนาดเล็ก ไม่มีโต๊ะหรือสถานีงานที่ชัดเจน และอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่ใช้มีเพียงถุงมือผ้าเท่านั้น ในการทำงานคนงานต้องเอื้อมไปหยิบหอยที่กองไว้กับพื้นหรือในภาชนะ ผลการประเมินความเสี่ยงของการแกะหอยนางรม โดยใช้แบบประเมิน RULA ประเมินจากภาพถ่ายการทำงานของคนงานแกะหอยนางรมแบบดั้งเดิมโดยใช้เหล็กปลายแหลม พบว่ามีการบาดเจ็บที่ข้อมือมากที่สุดเนื่องจากต้องมีการเอียงมือมากกว่า 15 องศา และมีการบิดข้อมือเนื่องจากต้องใช้มือด้านที่ถนัดจับด้ามมีดปลายแหลมเพื่อออกแรงงัดปากหอย ขณะที่มืออีกข้างจะต้องกำหอยให้แน่นโดยไม่ใช้อุปกรณ์ช่วยจับยึดหอย รองลงมา ได้แก่ แขนส่วนบน เนื่องจากขณะแกะหอยแขนด้านหน้าจะทำมุม 20-40 องศา อีกทั้งมีการยกไหล่ในการออกแรงงัดปากหอยเพื่อให้เปิดอ้าออก ในส่วนคอและลำตัวมีการโน้มไปด้านหน้าและลำตัวเอนไปข้างหน้า 20-60 องศา เมื่อเทียบกับแนวตั้งและเอนไปด้านซ้ายหรือขวา การประเมินความเสี่ยงด้วย RULA ในการแกะหอยนางรมแบบดั้งเดิมด้วยเหล็กแหลม พบความเสี่ยงบริเวณข้อมือและลำตัวสูงที่สุด (3-4) รองลงมา คือบริเวณคอและแขนส่วนบน (2-3) ได้คะแนนรวมเท่ากับ 7 ซึ่งสามารถแปลผลได้ว่างานนั้นมีปัญหาทางกายศาสตร์และต้องปรับปรุงการทำงานทันที ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ

Hsu et al. (2011) ที่ทำการศึกษาอาการบาดเจ็บในคนงานแกะหอยนางรมในไต้หวัน พบว่าคนงานมีการบาดเจ็บที่หลังส่วนล่าง และข้อมือมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 75.2 และ 60.3 ตามลำดับ และเสี่ยงต่อการเกิดโรคข้อนิ้วเสื่อมและโรคเส้นประสาทกดทับข้อมือ (Park et al., 2021)

ผู้วิจัยได้ออกแบบสถานีงานใหม่ (Workstation) โดยมีการติดตั้งอุปกรณ์แกะหอยนางรมที่ออกแบบใหม่บนโต๊ะทำงานซึ่งมีขนาดกว้าง ยาว และสูง เท่ากับ 56x85x65 เซนติเมตร และจัดหาเก้าอี้ขนาด 45x38x42 เซนติเมตร มีพนักพิงสูง 44 เซนติเมตร (ภาพที่ 3) เปรียบเทียบกับสถานีงานเดิมที่คนงานไม่มีโต๊ะทำงานและนั่งทำงานบนเก้าอี้เล็ก ๆ ไม่มีพนักพิงขนาด 21x27x17 เซนติเมตร โดยการออกแบบโต๊ะและเก้าอี้ดังกล่าวพิจารณาจากความสูงเฉลี่ยของคนงาน 160 เซนติเมตร และหลักการออกแบบของ Canadian Center for Occupational Health and Safety (2023) จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการประเมินความเสี่ยงด้วย RULA อีกครั้ง โดยพบว่าความเสี่ยงบริเวณข้อมือและลำตัวลดลงมาเป็น 1-2 และบริเวณคอ ค่าความเสี่ยงลดลงเหลือ 1 โดยคะแนนรวมลดลงมาเท่ากับ 3 ซึ่งสามารถแปลผลได้ว่า ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมและติดตามผลอย่างต่อเนื่อง ดังแสดงรายละเอียดท่าทางการทำงานและคะแนนการประเมิน RULA ของแขน ข้อมือ คอ ลำตัว และขาของการแกะหอยนางรมโดยใช้อุปกรณ์แบบใหม่ เปรียบเทียบกับการแกะหอยนางรมแบบดั้งเดิม (ตารางที่ 3)



ภาพที่ 3 โต๊ะและเก้าอี้ที่ใช้แกะหอยนางรมในสถานีงานใหม่

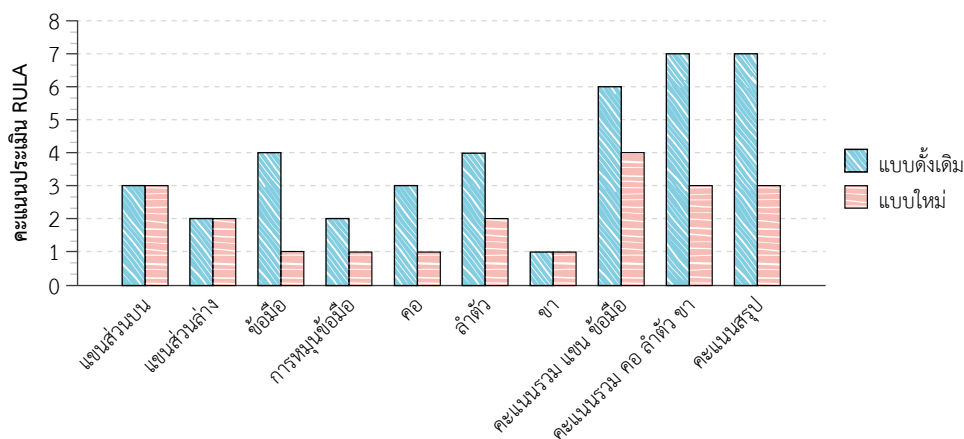
ตารางที่ 3 เปรียบเทียบท่าทางการทำงานและคะแนนประเมิน RULA ของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย
ในการแกะหอยนางรมแบบดั้งเดิมและแบบใหม่

ส่วนของร่างกาย	แบบดั้งเดิมโดยใช้เหล็กปลายแหลม		แบบใหม่โดยใช้เครื่องแกะหอยนางรม	
	ช่วงคะแนน	ท่าทางทำงานตามเกณฑ์ให้คะแนน	ช่วงคะแนน	ท่าทางทำงานตามเกณฑ์ให้คะแนน
แขนส่วนบน	2-3	แขนอยู่ด้านหน้า 20-40 องศา และ มีการปรับเพิ่มการยกไหล่	2-3	แขนส่วนบนอยู่ด้านหน้า 30-40 องศา
แขนส่วนล่าง	1-2	แขนส่วนล่างอยู่ใน ระดับน้อยกว่า 60 องศา เทียบกับแนวดิ่ง	1-2	แขนส่วนล่างตกลงมาอยู่ ด้านล่างโดยทำมุมน้อยกว่า 60 องศา เทียบกับแนวดิ่ง
ข้อมือ (แนวกระดูก)	3-4	ตำแหน่งข้อมือทำมุม มากกว่า 15 องศา และมีการ เอียงข้อมือซ้ายขวา	1	ตำแหน่งข้อมือ แนวกระดูกฝ่ามืออยู่ใน แนวเดียวกันกับแขนส่วนล่าง

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบท่าทางการทำงานและคะแนนประเมิน RULA ของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย
ในการแกะหอยนางรมแบบดั้งเดิมและแบบใหม่ (ต่อ)

ส่วนของร่างกาย	แบบดั้งเดิมโดยใช้เหล็กปลายแหลม		แบบใหม่โดยใช้เครื่องแกะหอยนางรม	
	ช่วงคะแนน	ท่าทางทำงานตามเกณฑ์ให้คะแนน	ช่วงคะแนน	ท่าทางทำงานตามเกณฑ์ให้คะแนน
การหมุนข้อมือ	2	การหมุนข้อมือบิดข้อมือตั้งแต่ครึ่งเกือบสุด	0	ไม่มีการหมุนบิดข้อมือหรือหมุนบิดข้อมือเล็กน้อยไม่เกินครึ่ง
คอ	2-3	ศีรษะก้มหน้าทำมุมกับแนวดิ่งมากกว่า 20 องศา	1-2	ศีรษะตรงหรือก้มไปข้างหน้าเล็กน้อย (แนวศีรษะทำมุมกับแนวดิ่งหรือแนวแกนของคอไม่เกิน 10 องศา)
ลำตัว	3-4	ลำตัวเอนไปข้างหน้า 20-60 องศา และปรับเพิ่ม +1 เนื่องจากมีการเอนตัวไปด้านข้าง	1-2	ลำตัวเอนไปข้างหน้า 0-20 องศา
ขา	1	ขาและเท้าทั้ง 2 ข้างอยู่ในท่าทางเหมาะสมและมีที่รองรับอย่างเหมาะสม	1	ขาและเท้าทั้ง 2 ข้างอยู่ในท่าทางเหมาะสมและมีที่รองรับอย่างเหมาะสม

ผลการเปรียบเทียบการประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ โดยการแกะหอยนางรมแบบเดิมและแบบใหม่ พบว่าข้อมือไม่มีการบิดงอ ซึ่งสามารถลดความเสี่ยงการบาดเจ็บที่ข้อมือได้จาก 4 เหลือ 1 หรือลดลงร้อยละ 75 ส่วนลำตัว คะแนนการประเมินลดลงจาก 4 เหลือ 1 (ลดลงร้อยละ 75) และคอ ลดลงจาก 3 เหลือ 1 (ลดลงร้อยละ 67) ส่วนค่าการประเมิน RULA ก็ใกล้เคียงกันเนื่องจากขาทั้งสองข้างมีที่รองรับอย่างเหมาะสมและอยู่ในท่านิ่ง จึงมีความเสี่ยงน้อยที่จะเกิดการบาดเจ็บ สรุปในภาพรวม คะแนนความเสี่ยง RULA ลดลงจากเดิมจาก 7 เหลือ 3 (ร้อยละ 57) เนื่องจากอุปกรณ์ที่ออกแบบใหม่ถูกติดตั้งอยู่บนโต๊ะทำงานเปรียบเทียบกับ การแกะหอยนางรมแบบเดิมโดยใช้มีดปลายแหลม ซึ่งคนงานนั่งกับพื้นหรือเก้าอี้แข็งๆ นอกจากนี้อุปกรณ์ที่ปรับปรุงใหม่ยังมีส่วนประกอบที่ช่วยจับยึดชิ้นงาน ซึ่งแตกต่างจากของเดิมซึ่งต้องใช้มืออีกข้างจับหอยนางรมไว้ ตัวอุปกรณ์มีใบมีดที่ออกแบบให้คล้ายเหล็กแหลมแต่มี 2 ปลายแหลมสำหรับทิ่มเข้าไปแฉะปากหอย 2 จุดและใช้มือจับก้านกดโยกใบมีดลงมาในแนวดิ่ง ซึ่งทำให้สามารถแฉะปากหอยนางรมให้เปิดออกได้ง่ายกว่าการใช้แรงบิดข้อมือแบบเดิม สรุปคะแนนเปรียบเทียบผลการประเมินทางการยศาสตร์ของการแกะหอยนางรมแบบดั้งเดิมกับอุปกรณ์แกะหอยนางรมแบบใหม่ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ผลสรุปเปรียบเทียบคะแนนประเมิน RULA ของการแกะหอยนางรมแบบดั้งเดิมและแบบใหม่

การปรับปรุงอุปกรณ์และสถานงานใหม่มีผลต่อท่าทางในการทำงานของคนงานแกะหอยนางรม ซึ่งหากคนงานมีท่าทางไม่เหมาะสมร่วมกับลักษณะงานที่ซ้ำซาก (Repetitive work) ก็จะทำให้คนงานมีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดโรค MSDs ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยในคนงานทำครกหิน (Promsri, 2015) และคนงานแกะสลักไม้ (Kempong & Patchimboon, 2020) ผลการวิจัยครั้งนี้ นอกจากการปรับปรุงและจัดสถานงานใหม่เพื่อให้เหมาะสมกับคนงานตลอดจนการลดอาการบาดเจ็บและปวดเมื่อยกล้ามเนื้อแล้ว เพื่อให้เป็นไปตามพระราชบัญญัติความปลอดภัยอาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมการทำงาน พ.ศ. 2554 เจ้าของสถานประกอบการควรจัดให้มีอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่จำเป็นเพื่อความปลอดภัยของลูกจ้าง ได้แก่ ถุงมือ และรองเท้าบูต อย่างไรก็ตามมาตรการควบคุมเชิงวิศวกรรม (Engineering control) แม้เป็นมาตรการที่มีประสิทธิผลมากที่สุด หากแต่มาตรการดังกล่าวข้างต้นอาจเป็นข้อจำกัดในการทำงานในหลายสถานประกอบการ มาตรการควบคุมเชิงการบริหารจัดการ (Administrative control) และมาตรการควบคุมส่วนบุคคล (Personal control) แม้เป็นมาตรการที่มีประสิทธิผลค่อนข้างน้อยในลำดับขั้นของการควบคุม (Hierarchy of control) (National Institute for Occupational Safety and Health, 2023) แต่ก็เป็มาตรการพื้นฐานที่กฎหมายแรงงานกำหนดให้นายจ้างต้องดำเนินการเพื่อให้เกิดความปลอดภัยสำหรับลูกจ้าง เพราะความปลอดภัยเป็นสิทธิขั้นพื้นฐานที่ลูกจ้างพึงได้รับ และเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดจึงควรดำเนินการปรับปรุงทั้งสถานงานและปรับพฤติกรรมในการทำงาน โดยให้คนงานได้มีส่วนร่วมในทุกๆ ขั้นตอนการดำเนินงาน ซึ่งเป็นไปตามหลักการมีส่วนร่วมของ Walters & Wadsworth (2019); Mali & Vyavahare (2015)

การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมในการนำเครื่องแกะหอยนางรมแบบใหม่มาใช้ทดแทนการแกะหอยนางรมแบบดั้งเดิมที่ใช้มีดปลายแหลม โดยการวิเคราะห์ค่าใช้จ่าย จุดคุ้มทุน ซึ่งคิดต้นทุนของเครื่องแกะหอยนางรมแบบใหม่ที่ 7,700 บาท อายุการใช้งาน 10 ปี การคำนวณผลผลิตต่อวันโดยการจับเวลาการแกะหอยนางรมทั้งสองแบบ แล้วนำมาคำนวณหาเวลามาตรฐานตามหลักการศึกษาเวลาทำงาน พบว่าเครื่องแกะหอยนางรมแบบใหม่สามารถผลิตได้ 151 ตัวต่อชั่วโมง ถ้าพิจารณากำลังผลิตเป็นกิโลกรัม ขนาดหอยประมาณ 10 ตัวต่อกิโลกรัม หรือคิดเป็นผลผลิต 13.72 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับการแกะหอยนางรมแบบดั้งเดิมโดยใช้มีดปลายแหลม พบว่ามีกำลังการผลิต 97 ตัวต่อชั่วโมง หรือประมาณ 8.8 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ผลต่างกำลังผลิตของเครื่องแกะหอยนางรมแบบใหม่กับแบบดั้งเดิมเท่ากับ 4.92 กิโลกรัมต่อชั่วโมง การคำนวณค่าต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปรรวมเท่ากับ 112,099 บาทต่อปี ดังนั้นผลประโยชน์สุทธิเท่ากับ 5,981 บาทต่อปี จุดคุ้มทุนของเครื่องแกะหอยนางรมแบบใหม่เท่ากับ 1.3 ปี

ข้อจำกัดของการศึกษานี้ เนื่องจากหอยนางรมบางส่วนที่นำขึ้นมาจากฟาร์มเลี้ยงมีลักษณะเป็นพวงซึ่งในหนึ่งพวงอาจมีหอยนางรมหลายตัว ดังนั้นต้องนำมาแยกออกจากกันโดยการตัดออกให้สามารถนำเข้าไปวางในตัวจับยึดหอยเพื่อแกะหอยทีละตัว นอกจากนี้หอยบางส่วนเกาะติดกับแท่งปูนเลี้ยงหอยจึงต้องทำการแกะออกมาจากแท่งปูนก่อน หอยบางตัวก็ต้องแช่ปูนออกเพื่อจัดเตรียมหอยนางรมให้สามารถจับยึดตัวหอยบนฐานได้ อุปกรณ์แกะหอยที่ออกแบบสามารถแกะหอยนางรมขนาดใหญ่ เช่น หอยนางรมตะโกรมหรือหอยนางรมสุราษฎร์ได้ดีกว่าหอยนางรมขนาดเล็ก เนื่องจากตัวหอยนางรมตะโกรมมีรูปร่างและมีเปลือกค่อนข้างเรียบสามารถใช้ตัวจับยึดหอยให้แน่นได้ง่ายและทำให้ออกแรงกดไขมีดได้สะดวกและออกแรงน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เหล็กปลายแหลมซึ่งแกะยากมากเพราะต้องออกแรงยึดหอยไว้โดยมือข้างหนึ่ง และอีกข้างต้องออกแรงเปิดปากหอยนางรมที่มีขนาดใหญ่ซึ่งแน่นมากและต้องบิดข้อมือ

ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัยในครั้งนี้ อุปกรณ์จับยึดตัวหอยนางรมบนฐาน ควรออกแบบตัวจับยึดเพิ่มเติมให้มีความยืดหยุ่นในการจับเปลือกหอยที่มีรูปร่างรูปร่างได้ทุกรูปแบบ เนื่องจากบางครั้งหอยนางรมที่แกะออกมาจากเสาปูนหรือหอยนางรมที่มีลักษณะเป็นพวงที่นำขึ้นมาจากฟาร์มเลี้ยงนั้นก่อนนำมาแกะด้วยเครื่องมือแกะหอยที่ปรับปรุงต้องเตรียมหอยให้สามารถแกะได้ที่ละตัว และวางบนตัวจับยึดให้อยู่ในแนวตั้งได้โดยไม่เคลื่อนที่ขณะโยกไขมีดลงมาแกะหอยนางรม และขอเสนอแนะการวิจัยครั้งต่อไป 1) การออกแบบอุปกรณ์แกะหอยนางรมกึ่งอัตโนมัติซึ่งเพิ่มชุดไขมีด เช่น แกะด้วยระบบไฟฟ้าแบบพกพา ซึ่งสามารถแกะหอยนางรมโดยไม่ต้องโยกไขมีดโดยแรงคนและทำได้หลายๆ ตัวพร้อมกัน 2) เพื่อให้การประเมินปัจจัยทางกายศาสตร์ในสถานที่ทำงานมีความสมบูรณ์มากขึ้น อาจมีการประเมินความรุนแรงของอาการปวด รวมถึงจำนวนชิ้นงานของการแกะหอยนางรมร่วมด้วย

สรุป

อุปกรณ์แกะหอยนางรมแบบดั้งเดิมใช้เหล็กปลายแหลม ซึ่งเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุและการบาดเจ็บที่มือและแขน และสถานงานเดิมไม่มีโต๊ะ มีเฉพาะเก้าอี้เตี้ย ๆ การปรับปรุงอุปกรณ์แกะหอยนางรมแบบใหม่ทำด้วย สแตนเลส ที่กันสนิมและทนการกัดกร่อนของน้ำทะเล จัดวางบนโต๊ะทำงานและเก้าอี้ที่นั่งที่ออกแบบตามหลัก การยศาสตร์ สามารถช่วยลดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บและความเมื่อยล้าที่บริเวณข้อมือได้มากที่สุด รองลงมาคือบริเวณลำตัวและคอ อย่างไรก็ตาม อุปกรณ์ดังกล่าวยังมีค่าใช้จ่ายที่สูงหากภาครัฐหรือหน่วยงานท้องถิ่นสนับสนุนก็สามารถต่อยอดในเชิงธุรกิจ ซึ่งจะทำให้เกิดการพัฒนาทิศทางด้านคุณภาพการผลิตหอยนางรมที่มีความสดใหม่ ไม่มีเศษเปลือกหอยที่ตกปนไปกับเนื้อหอย ไม่มีสนิมเหล็กปนเปื้อน และลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคจากการทำงานโดยเฉพาะกลุ่มความผิดปกติของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ (MSDs) ในผู้ประกอบการอาชีพพื้นบ้านได้

เอกสารอ้างอิง

- Canadian Center for Occupational Health and Safety. (2023). **Working in a sitting position**. Retrieved from https://www.ccohs.ca/oshanswers/ergonomics/sitting/sitting_workchairs.html [2023, 3 Oct.]
- Chanathitikul, S., Uthakrue, T., & Kesornsuwan, P. (2020). **Preliminary survey results of muscle fatigue among oyster shuckers**. (Independent study report). Faculty of Engineering and Technology, Mahanakorn University of Technology, Bangkok. (In Thai)
- Health Data Center, Ministry of Public Health (2017). **Report on situation of health report 2017**. Retrieved from <https://hdcservice.moph.go.th/hdc/reports/report> [2023, 18 Sep.] (In Thai)
- Hsu, D. J., Chang, J. H., Wu, J. D., Chen, C. Y., & Yang, Y. H. (2011). Prevalence of musculoskeletal disorders and job exposure in Taiwan oyster shuckers. **American Journal of Industrial Medicine**, 54(11), 885-93.
- Kempong, W., & Patchimboon, W. (2020). Ergonomics risk assessment and fatigue of woodcarver at Kudnakam village, Charoensin subdistrict, Charoensin district, Sakon Nakhon province. **Chalermkarnchana Academic Journal**, 7(2), 244-257. (In Thai)
- Kim, O. S., Min, E. B., & Hwang, D. J. (2021). A study on the oyster shucking machine using super high pressure. **Journal of the Korean Society of Fisheries Technology**, 57(4), 382-389.
- Kumlorm, N. (2020). **Ergonomics: principle of work safety**. Retrieved from <https://www.ohswa.or.th/17599057/ergonomics-make-it-simple-series-ep2> [2023, 20 Sep.] (In Thai)
- Lohapootakoon, B. (2018). **The development of ergonomic risk assessment tools for drivers: A case study of professional van driver**. (Master dissertation). Prince of Songkla University Songkla Province. (In Thai)
- Mali, S. C., & Vyavahare, R. T. (2015). An ergonomic evaluation of an industrial work station: a review. **International Journal of Current Engineering and Technology**, 5(3), 1820-1826.
- McAtamney, L., & Corlett, E. N. (1993). RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. **Applied Ergonomics**, 24(2), 91-99.
- Monkolkaensai, J. (2019). **Factor related musculoskeletal disorder among office workers, Walailuk University**. Retrieved from <https://thaidj.org/index.php/JHS/article/download/5907/5741/8259> [2023, 18 Sep.] (In Thai)
- Muanglue, R. (2018). Heritage of wisdom from woven fabrics of her majesty queen Srivarindira, the queen grandmother of Thailand and local resource to sustainable creative community base of tourism in Eastern Economic Corridor of Banpuek community, Chonburi Province. **Journal of Social Science and Buddhist Anthropology**, 6(11), 143-162. (In Thai)
- National Institute for Occupational Safety and Health. (2023). **Hierarchy of Controls**. Retrieved from <https://www.cdc.gov/niosh/topics/hierarchy/default.html> [2023, 3 Oct.]
- Park, J. S., Yoo, J. I., Na, J. B., & Song, H. S. (2021). The prevalence and risk factors of musculoskeletal disorders in the hands of fishermen working as oyster shuckers. **International Journal of**

Occupational Medicine and Environmental Health, 34(5), 603-615.

Promsri, A. (2015). Posture and work-related injury in Ban Ngiew's stone mortar workers, Phayao province.

Srinagarind Medical Journal, 30(5), 247-273. (In Thai)

Saengsoda, W., Wongkiat, S., & Rattanaarporn, V. (2017). **Workstation improvement for muscular fatigue and injury reduction among assembly operators in a closed circuit camera industry.** Proceedings of the 14th Kasetsart University Conference, Kamphaeng Saen Campus, Nakornpathom Province. (In Thai)

Triantaphyllou, E., & Mann, S.H. (1995). Using the analytic hierarchy process for decision making in engineering applications: some challenges. **International Journal of Industrial Engineering: Applications and Practice, 2(1), 35-44.**

Walters, D., & Wadsworth, E. (2019). Participation in safety and health in European workplaces: framing capture of representation. **European Journal of Industrial Relations, 26(1), 75-90.**

การวิเคราะห์ปริมาณเถ้ารวม เถ้าที่ไม่ละลายในกรด
และการตรวจสอบสารเคมีกำจัดแมลงตกค้างของสมุนไพรแห้งวงศ์ขิง ในเขตกรุงเทพมหานคร
THE CONTENT OF TOTAL ASH, ACID-INSOLUBLE ASH AND PESTICIDE RESIDUE
DETECTION CONTAINED OF ZINGIBERACEAE CRUDE DRUGS IN BANGKOK

ชยานนท์ เชาวนวุฒิกุล และ ชวภณ พุ่มพงษ์*

หลักสูตรการแพทย์แผนไทย วิทยาลัยการแพทย์บูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต กรุงเทพมหานคร 10210

Chayanon Chaowuttikul and Chawapon Phoomphong*

Thai Traditional Medicine Program, College of Integrative Medicine,
Dhurakij Pundit University, Bangkok 10210

*E-mail: chawapon.pho@dpu.ac.th

Received: 2023-10-11

Revised: 2024-03-29

Accepted: 2024-04-03

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบปริมาณเถ้ารวม ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด และตรวจสอบสารเคมีกำจัดแมลงของสมุนไพรแห้งวงศ์ขิงจำนวน 10 ชนิด ได้แก่ กระเทียม (*Zingiber zerumbet* (L.) Roscoe ex Sm.), กระชายดำ (*Kaempferia parviflora* Wall. ex Baker.), กระชายเหลือง (*Boesenbergia rotunda* (L.) Mansf.), ขมิ้นชัน (*Curcuma longa* L.), ขมิ้นอ้อย (*Curcuma zedoaria* (Christm.) Roscoe.), ข่า (*Alpinia galanga* (L.) Willd.), ขิง (*Zingiber officinale* Roscoe.), เปราะหอม (*Kaempferia galanga* L.), ไพล (*Zingiber montanum* (J.Koenig) Link ex A.Dietr.) และว่านชักมดลูก (*Curcuma comosa* Roxb.) ซึ่งซื้อจากร้านขายสมุนไพรในเขตกรุงเทพมหานครชนิดละ 3 ร้าน นำมาหาปริมาณเถ้ารวมและปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรดอ้างอิงตามตำรามาตรฐานยาสมุนไพรไทย และตรวจสอบสารเคมีกำจัดแมลงโดยใช้ชุดทดสอบ GPO-TM Kit ซึ่งสามารถตรวจสอบสารเคมีกำจัดแมลงทั้ง 4 กลุ่ม ผลการวิจัยพบว่าปริมาณเถ้ารวมและเถ้าที่ไม่ละลายในกรดของกระเทียม เปราะหอม ไพล และว่านชักมดลูก มีค่าน้อยกว่าค่ามาตรฐานของสมุนไพรแต่ละชนิด จัดว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานสมุนไพร การตรวจสอบสารเคมีกำจัดแมลงพบว่าสมุนไพรแห้งวงศ์ขิงทั้ง 10 ชนิด ตรวจพบการตกค้างของสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต แต่ไม่พบการตกค้างของสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนและไพเรทรอยด์ การทดสอบด้วยชุดทดสอบเป็นการตรวจสอบเบื้องต้น ดังนั้นหากนำสมุนไพรส่วนเหล่านี้มาใช้ ควรล้างทำความสะอาดหรือสับด้วยยาตามหลักจรรยาเภสัช 5 ประการ เพื่อลดปริมาณสารเคมีกำจัดแมลงที่ตกค้างก่อนนำไปปรุงยาที่อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพได้

คำสำคัญ: ปริมาณเถ้ารวม ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด สารเคมีกำจัดแมลงตกค้าง สมุนไพร วงศ์ขิง

ABSTRACT

In this study, the total ash content, acid-insoluble ash content, and pesticide residues were examined in 10 species of the Zingiberaceae family, namely *Zingiber zerumbet* (L.) Roscoe ex Sm., *Kaempferia parviflora* Wall. ex Baker., *Boesenbergia rotunda* (L.) Mansf., *Curcuma longa* L., *Curcuma*

zedoaria (Christm.) Roscoe., *Alpinia galanga* (L.) Willd., *Zingiber officinale* Roscoe., *Kaempferia galanga* L., *Zingiber montanum* (J.Koenig) Link ex A.Dietr. and *Curcuma comosa* Roxb. All crude drugs were purchased from three herbal drugstores in Bangkok. The total ash and acid-insoluble ash contents were determined according to the Thai Herbal Pharmacopoeia. The detection of pesticide residue contamination using the GPO-TM Kit, that for detection of all four pesticide groups. The results showed that the total ash and acid-insoluble ash contents of *Z. zerumbet*, *K. galangal*, *Z. montanum* and *C. comosa* were under the official standard value that has passed the Thai Herbal Pharmacopoeia standard criteria. Pesticide residues from organophosphate and carbamate pesticides were detected in all 10 dried species of the Zingiberaceae family. Nonetheless, pyrethroid and organochlorine pesticides had not been detected. Pesticide residue detection with test kits serves as a preliminary screening. Therefore, the rhizomes should be thoroughly cleansed according to the five principles of Thai traditional pharmaceutical ethics in order to reduce the amount of pesticide residues before being used to prepare drugs that may affect human health.

Keywords: total ash, acid-insoluble ash, pesticide residue, herb, Zingiberaceae

บทนำ

พืชสมุนไพรวงศ์ขิง (Zingiberaceae) เป็นพืชล้มลุกหลายฤดูพบมากในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และจากการสำรวจในประเทศไทยพบประมาณ 300 ชนิด (Sirirug, 2008) คนไทยใช้ประโยชน์จากพืชวงศ์ขิงในชีวิตประจำวันค่อนข้างมากโดยเฉพาะนำไปประกอบอาหาร เครื่องเทศ และนำมาเป็นสมุนไพรในการรักษาโรคไม่ว่าจะใช้เป็นสมุนไพรเดี่ยวหรือตำรับยา ส่วนที่ใช้คือลำต้นใต้ดิน (rhizome) หรือเหง้าซึ่งเป็นส่วนที่อยู่ใต้ดินทำหน้าที่สะสมอาหาร น้ำ และแร่ธาตุเพื่อนำมาสร้างสารทุติยภูมิต่าง ๆ ให้กับพืช โดยส่วนนี้จะมียาหอมระเหยที่อยู่ภายในเซลล์ทำให้มีกลิ่นเฉพาะของพืชแต่ละชนิด นอกจากนี้ยังดูดซับสารพิษต่าง ๆ ที่อยู่ในดินแล้วไปสะสมเข้าสู่เซลล์พืชได้เช่นกัน จากการที่มีความต้องการใช้สมุนไพรในวงศ์ขิงเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้เกษตรกรผู้เพาะปลูกสมุนไพรเร่งการผลิตเป็นจำนวนมากซึ่งอาจใช้ปุ๋ยและสารเคมีกำจัดแมลงเพิ่มขึ้น จากข้อมูลจากสำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตรพบว่าในปี พ.ศ. 2565 มีการนำเข้าสารเคมีกำจัดแมลงประมาณ 18,826 ตัน โดยเกษตรกรใช้สารเคมีตั้งแต่การเตรียมพื้นที่การเพาะปลูกจนถึงการเก็บเกี่ยวผลผลิตซึ่งใช้ในปริมาณที่สูงเกินกว่าความจำเป็นและเก็บเกี่ยวเร็วกว่าเวลาที่กำหนดภายหลังการใช้สารเคมีส่งผลให้เกิดการตกค้างของสารเคมีมากขึ้น สารเคมีกำจัดแมลงที่มีการใช้บ่อยในประเทศไทยมีอยู่ 4 ประเภท คือ สารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต คาร์บาเมต ออร์กาโนคลอรีน และไพเรทรอยด์ ซึ่งสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตละลายได้ดีในน้ำมีความเป็นพิษต่อระบบประสาทส่งผลต่อการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส (Cholinesterase) ทำให้มีอาการเวียนศีรษะ มึนงง ม่านตาหรี่ หายใจลำบาก ชัก หมดสติได้ กลุ่มคาร์บาเมตมีการออกฤทธิ์คล้ายกับสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตมีความเป็นพิษน้อยกว่าแต่คาร์บาริลซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของกลุ่มนี้หากได้รับทางการรับประทานจัดเป็นสารก่อมะเร็งได้ สารเคมีกำจัดแมลงสองกลุ่มแรกนี้เป็นที่รู้จักและนิยมใช้กันในวงกว้างเป็นพิษต่อแมลงและสัตว์อื่น ๆ แต่สามารถสลายตัวได้เร็ว นอกจากนี้ยังมีสารเคมีกำจัดแมลงอีกประเภท คือ ออร์กาโนคลอรีนและไพเรทรอยด์เป็นพิษต่อแมลงทุกชนิด มีพิษเฉียบพลันต่อมนุษย์และสัตว์มีกระดูกสันหลัง สลายตัวช้า มีการตกค้างอยู่ในดินในสิ่งแวดล้อม แม้กระทั่งในห่วงโซ่อาหารจึงทำให้สารประเภทนี้ถูกควบคุมหรือสั่งห้ามใช้ทั่วโลก (Angsungruen, 2015) การตรวจสอบสารเคมีกำจัดแมลงในพืชสมุนไพรแห่งนี้จึงเป็นสิ่งสำคัญเพื่อหลีกเลี่ยงการได้รับสารเคมีเหล่านี้จากวัตถุดิบที่จะนำไปใช้ในการผลิตยาต่อไป การตรวจสอบหาสารเคมีกำจัดแมลงเบื้องต้นสามารถใช้ชุดทดสอบ GPO-TM Kit (เลขอนุสิทธิบัตร 7554) ขององค์การเภสัชกรรมซึ่งเป็น

การทดสอบที่ต้นทุนต่ำ ทำได้ง่าย รวดเร็ว มีความไวของวิธี (Sensitivity) ร้อยละ 83.3 ความถูกต้องของวิธี (Accuracy) ร้อยละ 89.5 ความจำเพาะของวิธี (Specificity) ร้อยละ 100 ซึ่งมีการใช้งานกันแพร่หลายทั้งด้านการวิจัยและส่งตัวอย่างตรวจสอบทางห้องปฏิบัติการ (Department of Medical Sciences, Ministry of Public Health, 2017; Hamjinda & Prasittipan, 2023)

การวิเคราะห์ปริมาณเถ้ารวม และเถ้าที่ไม่ละลายในกรดเป็นหนึ่งในข้อการประเมินคุณภาพของวัตถุดิบสมุนไพรที่กำหนดโดยองค์การอนามัยโลก และเป็นข้อกำหนดในตำรามาตรฐานยาสมุนไพรไทย (Thai Herbal Pharmacopeia) เพื่อกำหนดเกณฑ์มาตรฐาน และควบคุมคุณภาพของสมุนไพรแต่ละชนิดที่มีจำหน่ายในประเทศไทยก่อนนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ปริมาณเถ้า (Ash content) เป็นการหาสิ่งที่ยังคงเหลืออยู่หลังจากการเผาไหม้พืชอย่างสมบูรณ์ ส่วนใหญ่เถ้าจะประกอบด้วยต่าง (Alkali earth) ในรูปเกลือคาร์บอเนต ฟอสเฟต ซัลเฟต และคลอไรด์ การทดสอบนี้ใช้เป็นข้อกำหนดสำหรับพืชที่ใช้ส่วนหัวและเหง้ารวมถึงรากพืชสมุนไพรบางชนิดที่มีสารจำพวกซิลิกา หากมีปริมาณเถ้ามากจะบ่งบอกถึงการปนเปื้อน ปดอมปน รวมถึงการเตรียมและการเก็บสมุนไพรที่ไม่ได้มาตรฐานก่อนนำมาจำหน่าย ปริมาณเถ้ารวมแสดงถึงปริมาณเถ้าที่มาจากเซลล์และเนื้อเยื่อของสมุนไพร เช่น calcium oxalate ส่วนเถ้าที่ไม่ละลายในกรดเป็นปริมาณเถ้าที่เกิดจากสิ่งปดอมปน ปนเปื้อนของสารอนินทรีย์ เช่น หิน ดิน ทราย ในตัวอย่างพืช หากเปรียบเทียบค่าเถ้ารวมกับค่าเถ้าที่ไม่ละลายกรดของตัวอย่างพืชชนิดเดียวกัน ค่าที่ได้คือความแตกต่างของสิ่งที่เป็นเถ้าจากเซลล์เนื้อเยื่อธรรมชาติกับเถ้าของสิ่งที่ปดอมปน ปนเปื้อนในสมุนไพร (World Health Organization, 2011; Mukherjee, 2007)

การเลือกและคัดสรรแหล่งวัตถุดิบพืชที่ใช้หัวหรือเหง้าจึงมีความสำคัญเชิงคุณภาพโดยเฉพาะการนำมาใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณเถ้ารวม ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด และตรวจสอบหาสารเคมีกำจัดแมลง โดยใช้ GPO-TM Kit ในสมุนไพรแห้งวงศ์จิงจั่นจำนวน 10 ชนิด จากร้านขายสมุนไพรในเขตกรุงเทพมหานครจำนวน 3 ร้าน ซึ่งเป็นร้านขายสมุนไพรขนาดใหญ่ที่แพทย์แผนไทยและประชาชนทั่วไปนิยมเลือกซื้อ

วิธีการ

1. การจัดหาสมุนไพรแห้งวงศ์จิง

การศึกษานี้ ได้คัดเลือกสมุนไพรแห้งในวงศ์จิงที่นิยมใช้ในตำรับยาทางการแพทย์แผนไทยจำนวน 10 ชนิด ได้แก่ กระตือ (*Zingiber zerumbet* (L.) Roscoe ex Sm.), กระชายดำ (*Kaempferia parviflora* Wall. ex Baker.), กระชายเหลือง (*Boesenbergia rotunda* (L.) Mansf.), ขมิ้นชัน (*Curcuma longa* L.), ขมิ้นอ้อย (*Curcuma zedoaria* (Christm.) Roscoe.), ข่า (*Alpinia galanga* (L.) Willd.), จิง (*Zingiber officinale* Roscoe.), เปราะหอม (*Kaempferia galanga* L.), ไพล (*Zingiber montanum* (J.Koenig) Link ex A.Dietr.) และว่านชักมดลูก (*Curcuma comosa* Roxb.) โดยซื้อจากร้านขายสมุนไพรในเขตกรุงเทพมหานครชนิดละ 3 แหล่ง ซึ่งเป็นร้านขายสมุนไพรขนาดใหญ่ที่แพทย์แผนไทยและประชาชนทั่วไปรู้จักและนิยมเลือกซื้อ (Boonma et al., 2020)

2. การเตรียมตัวอย่างสมุนไพร

นำตัวอย่างสมุนไพรแต่ละชนิด แต่ละแหล่ง มาคัดสิ่งแปลกปลอมออก นำไปปดเป็นผงแล้วนำไปเก็บในภาชนะที่ปิดสนิทรอนำไปวิเคราะห์ต่อไป

3. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้ารวม และเถ้าที่ไม่ละลายในกรด (World Health Organization, 2011; Department of Medical Sciences, Ministry of Public Health, 2017)

3.1 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้ารวม (Total ash content)

ชั่งผงสมุนไพร 5 กรัม (n=3) ใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบ (Crucible) ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน นำไปเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำไปเข้าเตาเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง

นำถ้วยใส่ในโถดูดความชื้นเป็นเวลา 30 นาที ซึ่งน้ำหนักแห้งรวมที่ได้ แล้วคำนวณร้อยละปริมาณแห้งรวมของน้ำหนักผงสมุนไพรตั้งต้น

3.2 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด (Acid-insoluble ash content)

ชั่งน้ำหนักถ้วยกระเบื้องเคลือบที่มีเถ้ารวมอยู่ เติมกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 10% v/v ปริมาณ 25 มิลลิลิตร นำไปต้มเป็นเวลา 5 นาที หลังจากนั้นกรองผ่านกระดาษกรองไรเถ้า (Whatman™ No.40) ล้างเถ้าในกระดาษกรองด้วยน้ำร้อน จนกระดาษลึ่มสเป็นกลาง นำกระดาษกรองที่มีเถ้าใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบใบเดิม นำถ้วยไปวางบนเตาให้ความร้อนจนกระดาษกรองแห้ง แล้วนำไปเข้าเตาเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง นำถ้วยใส่ในโถดูดความชื้นเป็นเวลา 30 นาที ซึ่งน้ำหนักเถ้าที่ได้ แล้วคำนวณร้อยละปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรดของน้ำหนักผงสมุนไพรตั้งต้น

4. การตรวจสอบสารเคมีกำจัดแมลงตกค้าง (The Government Pharmaceutical Organization (GPO) Thailand, 2017)

4.1 การตรวจสอบสารเคมีกำจัดแมลงตกค้าง กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต

การตรวจสอบสารเคมีกำจัดแมลงของกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตตกค้างในสมุนไพรแห้งวงศ์ขิงทดสอบด้วยชุดตรวจวิเคราะห์ GPO-TM/1 Kit โดยใช้หลักการแยกสารด้วยวิธีทีแอลซี (Thin layer chromatography) และตรวจสอบด้วยการทำปฏิกิริยากับสารเคมีเพื่อให้เกิดสี มีขั้นตอนตามคู่มือทดสอบขององค์การเภสัชกรรม (GPO) ดังนี้ นำผงสมุนไพร 0.5 กรัม และผงถ่าน 0.25 กรัม ใส่ลงในขวดทดสอบ เติมน้ำยาสกัด 10 มิลลิลิตร เขย่าแรง ๆ 1 นาที ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที หลังจากนั้นดูดสารสกัดส่วนใส 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในถ้วยโลหะ แล้วนำถ้วยโลหะไปวางบนตะแกรงบนอ่างน้ำอุ่นที่อุณหภูมิ 48 องศาเซลเซียส เมื่อสารสกัดระเหยเหลือประมาณ 2-3 หยด ใช้หลอดแก้วสำหรับหยดดูดสารสกัดไปหยดบนแผ่นทีแอลซีซึ่งมีสาร methomyl เป็นสารมาตรฐานควบคุม หลังจากหยดสารสกัดเรียบร้อยแล้วใช้คีมคีบแผ่นทีแอลซีลงในขวดแช่แผ่น เมื่อน้ำยาเคลื่อนที่ถึงขีดที่กำหนดด้านบน ใช้คีมคีบแผ่นทีแอลซีออกมาผึ่งให้แห้ง นำแผ่นทีแอลซีมาสเปรย์ด้วยน้ำยาทดสอบ 1 จนชุ่ม แล้วนำไปวางบนตะแกรงบนกล่องน้ำอุ่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที เมื่อครบกำหนดนำแผ่นทีแอลซีมาสเปรย์ด้วยน้ำยาทดสอบสี วางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3-5 นาทีแล้วจึงอ่านผล

การอ่านผลการทดสอบ 1) พบแถบวงกลมสีขาวบนพื้นม่วงบนแผ่นทีแอลซี แสดงว่าตรวจพบสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต 2) ไม่พบแถบวงกลมสีขาวบนพื้นม่วงบนแผ่นทีแอลซี แสดงว่าไม่พบสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต

4.2 การตรวจสอบสารเคมีกำจัดแมลงตกค้าง กลุ่มออร์กาโนคลอรีนและไพเรทรอยด์

การตรวจสอบสารเคมีกำจัดแมลงของกลุ่มออร์กาโนคลอรีนและไพเรทรอยด์ตกค้างในสมุนไพรแห้งวงศ์ขิงทดสอบด้วยชุดตรวจวิเคราะห์ GPO-TM/2 Kit โดยใช้หลักการแยกสารด้วยวิธีทีแอลซี (Thin layer chromatography) ตรวจสอบด้วยการทำปฏิกิริยากับสารเคมีและแสงยูวีที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร เพื่อให้เกิดสี มีขั้นตอนตามคู่มือทดสอบขององค์การเภสัชกรรม (GPO) ดังนี้ นำผงสมุนไพร 0.5 กรัม ใส่ลงในขวดทดสอบ เติมน้ำยาสกัด 10 มิลลิลิตร เขย่าแรง ๆ 1 นาที ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที หลังจากนั้นดูดสารสกัดส่วนใส 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในถ้วยโลหะ แล้วนำถ้วยโลหะไปวางบนตะแกรงบนอ่างน้ำอุ่นที่อุณหภูมิ 48 องศาเซลเซียส เมื่อสารสกัดระเหยเหลือประมาณ 2-3 หยด ใช้หลอดแก้วสำหรับหยดดูดสารสกัดไปหยดบนแผ่นทีแอลซีซึ่งมีสาร endrin เป็นสารมาตรฐานควบคุม หลังจากหยดสารสกัดเรียบร้อยแล้วใช้คีมคีบแผ่นทีแอลซีลงในขวดแช่แผ่น เมื่อน้ำยาเคลื่อนที่ถึงขีดที่กำหนดด้านบน ใช้คีมคีบแผ่นทีแอลซีออกมาผึ่งให้แห้ง นำแผ่นทีแอลซีมาสเปรย์ด้วยน้ำยาทดสอบ GPO-TM-4 จนชุ่ม หลังจากนั้นวางแผ่นทีแอลซีทิ้งไว้ให้แห้ง แล้วนำไปส่องแสงยูวีที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ในกล่องยูวี เป็นเวลา 3-5 นาทีแล้วจึงอ่านผล

การอ่านผลการทดสอบ 1) พบแถบวงกลมสีเทา สีนํ้าตาลเข้มถึงดำบนพื้นแผ่นที่แอลซี แสดงว่าตรวจพบสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนและไพเรทรอยด์ 2) ไม่พบแถบวงกลมสีเทา สีนํ้าตาลถึงดำบนแผ่นที่แอลซี แสดงว่าไม่พบสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนและไพเรทรอยด์

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลการวิเคราะห์ปริมาณเถ้ารวม และเถ้าที่ไม่ละลายในกรด

เถ้ารวมคือปริมาณสารอนินทรีย์ในพืชที่คงเหลือจากการเผาไหม้ซึ่งปริมาณเถ้ารวมจะแสดงให้เห็นว่ามีแร่ธาตุอยู่มากน้อยเพียงใดในพืชสมุนไพร ส่วนปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรดคือแร่ธาตุที่ไม่สามารถย่อยสลายได้หลังจากผ่านการต้มด้วยกรดไฮโดรคลอริกมักเป็นสารจำพวกซิลิกาในเซลล์พืช นอกจากนี้หากมีสิ่งปลอมปน ปนเปื้อนกับสมุนไพร เช่น ดินทราย ก็จะส่งผลต่อค่าปริมาณเถ้าดังกล่าว ดังนั้นปริมาณเถ้ารวม และเถ้าที่ไม่ละลายในกรดเป็นการบ่งบอกถึงการปลอมปน ปนเปื้อนของสมุนไพร (Leung et al., 2005) จากการกำหนดคุณภาพมาตรฐานสมุนไพรในตำรามาตรฐานสมุนไพรไทย ค่าเหล่านี้ต้องระบุไว้ว่า “ไม่เกิน” ร้อยละเท่าใดหรือน้ำหนักพืช โดยทั่วไปปริมาณเถ้ารวมมีค่าร้อยละ 1-20 โดยน้ำหนัก และปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรดมีค่าร้อยละ 1-10 โดยน้ำหนัก แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของสมุนไพร (Chokevivat, 2004)

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นถึงค่าปริมาณเถ้ารวมและปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรดที่วิเคราะห์ได้ เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของแต่ละสมุนไพรจากตำรามาตรฐานสมุนไพรไทย พบว่าปริมาณเถ้ารวมของกระเทียม กระชายเหลือง ชิง เปราะหอม ไพล และว่านชักมดลูก ของทั้ง 3 ร้าน มีค่าน้อยกว่าค่ามาตรฐานของแต่ละชนิดสมุนไพรถือว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานสมุนไพร แต่กระชายดำมีเพียงร้านที่ 2 และ 3 เท่านั้นที่มีค่าน้อยกว่าค่ามาตรฐาน นอกจากนี้ขมิ้นชันจากทั้ง 3 ร้านมีค่ามากกว่าค่ามาตรฐานจึงถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานปริมาณเถ้ารวมของสมุนไพร สำหรับปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรดของกระเทียม ขมิ้นอ้อย เปราะหอม ไพล และว่านชักมดลูก ของทั้ง 3 ร้าน มีค่าน้อยกว่าค่ามาตรฐานของแต่ละชนิดสมุนไพรถือว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานสมุนไพร ส่วนกระชายดำ กระชายเหลือง ขมิ้นชัน และชิง มีเพียงบางร้านที่มีค่าน้อยกว่าค่ามาตรฐานของแต่ละชนิดสมุนไพร การที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานสมุนไพรแสดงถึงการที่ตัวอย่างสมุนไพรที่ได้มามีปริมาณแร่ธาตุ สารอนินทรีย์ต่าง ๆ ในเซลล์พืชค่อนข้างมาก หรือเพราะส่วนที่นำมาใช้คือเหง้าใต้ดินของพืชวงศ์ขิงซึ่งมีกาบหุ้ม หากล้างไม่สะอาดจึงมีเศษดิน หิน ทรายติดอยู่บริเวณกาบหุ้มได้ซึ่งควรล้างสมุนไพรให้สะอาดก่อนนำไปหั่นแล้วทำให้แห้ง (Kim et al., 2013) อีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อปริมาณเถ้ารวมและเถ้าที่ไม่ละลายในกรดคือปุ๋ยเคมี การสะสมของสารอนินทรีย์และสารโลหะหนักที่ตกค้างอยู่ในบริเวณที่เพาะปลูก จากงานวิจัยของ Charoenchai et al. (2015) ได้ศึกษาพืชบริเวณใกล้เมืองแร่ทองคำ พบว่าปริมาณเถ้ารวมของกระชายเหลืองและขามีค่าร้อยละ 16.61 และ 7.19 ตามลำดับ ส่วนปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรดของกระชายเหลืองและขามีค่าร้อยละ 5.77 และ 3.20 ตามลำดับ ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าค่าที่ได้มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานอย่างมาก

สำหรับปริมาณเถ้ารวมของข่าและขมิ้นอ้อย และปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรดของข่ายังไม่มีรายงานค่ามาตรฐานในตำรามาตรฐานยาสมุนไพรไทยที่ใช้ในการเปรียบเทียบแต่มีรายงานวิจัยของ Chitra & Thoppil (2008) พบค่าปริมาณเถ้ารวมและปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรดของข่าไม่เกินร้อยละ 5 และ 2 โดยน้ำหนักตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าปริมาณเถ้ารวมของข่าจากทั้ง 3 ร้าน ไม่เกินค่าที่ได้ของงานวิจัยก่อนหน้านี้ ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรดมีเฉพาะร้านที่ 2 ที่มีค่าเกินกว่าค่าที่ได้จากงานวิจัยก่อนหน้านี้ ส่วนปริมาณเถ้ารวมของขมิ้นอ้อยต้องไม่เกินร้อยละ 6.64 โดยน้ำหนัก (Srivastava et al., 2011) เมื่อเทียบกับงานวิจัยนี้ปริมาณเถ้ารวมของขมิ้นอ้อยมีค่าน้อยกว่างานวิจัยก่อนหน้านี้แสดงว่าค่าที่แตกต่างกันนอกจากสิ่งปนเปื้อน ดิน ทรายแล้ว ความแตกต่างกันทางภูมิศาสตร์และการเพาะปลูกก็ส่งผลต่อปริมาณเถ้ารวมและเถ้าที่ไม่ละลายในกรด

2. ผลการตรวจสอบสารเคมีกำจัดแมลงตกค้าง

จากตารางที่ 2 แสดงผลการตรวจสอบสารเคมีกำจัดแมลงตกค้างด้วยชุดทดสอบ GPO-TM Kit พบว่าสมุนไพรแห้ง วงศ์ขิงทั้ง 10 ชนิด ตรวจพบการตกค้างของสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต (ภาพที่ 1) แต่ไม่พบการตกค้างของสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนและไพเรทรอยด์ (ภาพที่ 2) ในสมุนไพรทั้ง 10 ชนิด การตรวจไม่พบสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนและไพเรทรอยด์จัดว่าเป็นสิ่งที่ดีในการเพาะปลูกสมุนไพรเพราะสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีน เช่น DDT, endrin, aldrin, toxaphene มีความเป็นพิษสูง และสลายตัวช้า ทำให้สะสมในดินและสิ่งแวดล้อมนาน ซึ่งกระทรวงอุตสาหกรรมประกาศเป็นสารอันตรายที่ห้ามใช้ สารกลุ่มไพเรทรอยด์มีความเป็นพิษสูง แต่มีราคาแพงจึงไม่เป็นที่นิยมใช้ สารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตเป็นสารเคมีกำจัดแมลงที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน ถึงแม้จะมีพิษต่อแมลงและสัตว์อื่น ๆ แต่สามารถสลายตัวได้รวดเร็ว ถึงแม้สารกลุ่มนี้จะสลายตัวเร็ว ความคงทนในสิ่งแวดล้อมต่ำ หากมีการใช้ในปริมาณที่มากเกินไปหรือระยะเวลาการเก็บเกี่ยวห่างจากการใช้สารเคมีไม่นานพอ ก็จะตรวจพบการปนเปื้อนของสารเคมีกลุ่มนี้ในผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรได้ (Angsungnuen, 2015) นอกจากนี้จากผลการศึกษาของ Srithupthai (2018) ตรวจสอบสารเคมีกำจัดแมลงในไพล ขมิ้นอ้อย ขิง ที่ปลูกโดยกลุ่มเกษตรกรตำบลต้นผึ้ง อำเภอฟังโคน จังหวัดสกลนคร ซึ่งไม่พบสารเคมีกำจัดแมลงตกค้างในสมุนไพรดังกล่าว ผลที่ได้เนื่องจากเกษตรกรปลูกพืชแบบผสมผสาน แซ่กับพืชอื่น ไม่มีการใช้สารเคมีกำจัดแมลงจึงทำให้ไม่มีสารเคมีตกค้างสะสมอยู่ในพื้นที่เพาะปลูกและในพืชสมุนไพร ดังนั้นหากตรวจพบสารเคมีกำจัดแมลงในสมุนไพรแสดงให้เห็นถึงมีการใช้หรือมีการสะสมอยู่ในพื้นที่เพาะปลูกนั้น

ตารางที่ 1 ปริมาณเอ้ารวมและปริมาณเอ้าที่ไม่ละลายในกรดในตัวอย่างพืชวงศ์ขิงจำนวน 10 ชนิด (n=3)

ตัวอย่างพืช	ข้อกำหนด	แหล่ง	ผลการตรวจสอบ (% w/w)	สรุปผล การตรวจสอบ
1. กระเทียม	1ปริมาณเอ้ารวม ไม่เกิน 10% w/w	ร้านที่ 1	7.806 ± 0.077	ผ่าน
		ร้านที่ 2	5.355 ± 0.030	ผ่าน
		ร้านที่ 3	6.879 ± 0.049	ผ่าน
	1ปริมาณเอ้าที่ไม่ละลายในกรด ไม่เกิน 5% w/w	ร้านที่ 1	2.911 ± 0.091	ผ่าน
		ร้านที่ 2	1.609 ± 0.084	ผ่าน
		ร้านที่ 3	2.152 ± 0.014	ผ่าน
2. กระชายดำ	1ปริมาณเอ้ารวม ไม่เกิน 6% w/w	ร้านที่ 1	6.311 ± 0.046	ไม่ผ่าน
		ร้านที่ 2	4.476 ± 0.007	ผ่าน
		ร้านที่ 3	5.037 ± 0.047	ผ่าน
	1ปริมาณเอ้าที่ไม่ละลายในกรด ไม่เกิน 2% w/w	ร้านที่ 1	2.491 ± 0.074	ไม่ผ่าน
		ร้านที่ 2	1.786 ± 0.082	ผ่าน
		ร้านที่ 3	1.939 ± 0.099	ผ่าน
3. กระชายเหลือง	2ปริมาณเอ้ารวม ไม่เกิน 8% w/w	ร้านที่ 1	5.354 ± 0.045	ผ่าน
		ร้านที่ 2	5.056 ± 0.043	ผ่าน
		ร้านที่ 3	4.878 ± 0.031	ผ่าน
	2ปริมาณเอ้ารวม ไม่เกิน 8% w/w	ร้านที่ 1	2.153 ± 0.043	ไม่ผ่าน
		ร้านที่ 2	1.965 ± 0.023	ผ่าน
		ร้านที่ 3	1.725 ± 0.029	ผ่าน

¹ Thai Herbal Pharmacopoeia 2021

² Thai Herbal Pharmacopoeia 2021 (Supplement 2022)

ตารางที่ 1 ปริมาณเถ้ารวมและปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรดในตัวอย่างพืชวงศ์ขิงจำนวน 10 ชนิด (n=3) (ต่อ)

ตัวอย่างพืช	ข้อกำหนด	แหล่ง	ผลการตรวจสอบ (% w/w)	สรุปผล การตรวจสอบ
4. ขมิ้นชัน	¹ ปริมาณเถ้ารวม ไม่เกิน 8% w/w	ร้านที่ 1	12.432 ± 0.084	ไม่ผ่าน
		ร้านที่ 2	8.957 ± 0.059	ไม่ผ่าน
		ร้านที่ 3	8.252 ± 0.093	ไม่ผ่าน
	¹ ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด ไม่เกิน 1% w/w	ร้านที่ 1	1.272 ± 0.035	ไม่ผ่าน
		ร้านที่ 2	2.753 ± 0.070	ไม่ผ่าน
		ร้านที่ 3	0.727 ± 0.077	ผ่าน
5. ขมิ้นอ้อย	ยังไม่มีข้อกำหนด ปริมาณเถ้ารวม	ร้านที่ 1	7.910 ± 0.086	-
		ร้านที่ 2	9.045 ± 0.034	-
		ร้านที่ 3	7.667 ± 0.035	-
	¹ ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด ไม่เกิน 6% w/w	ร้านที่ 1	1.258 ± 0.043	ผ่าน
		ร้านที่ 2	2.137 ± 0.064	ผ่าน
		ร้านที่ 3	2.293 ± 0.057	ผ่าน
6. ข่า	ยังไม่มีข้อกำหนด ปริมาณเถ้ารวม	ร้านที่ 1	3.660 ± 0.096	-
		ร้านที่ 2	3.860 ± 0.067	-
		ร้านที่ 3	4.189 ± 0.023	-
	ยังไม่มีข้อกำหนด ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด	ร้านที่ 1	1.994 ± 0.068	-
		ร้านที่ 2	2.116 ± 0.094	-
		ร้านที่ 3	1.980 ± 0.063	-
7. ขิง	¹ ปริมาณเถ้ารวม ไม่เกิน 10% w/w	ร้านที่ 1	7.132 ± 0.017	ผ่าน
		ร้านที่ 2	7.600 ± 0.038	ผ่าน
		ร้านที่ 3	6.658 ± 0.068	ผ่าน
	¹ ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด ไม่เกิน 1% w/w	ร้านที่ 1	0.880 ± 0.027	ผ่าน
		ร้านที่ 2	1.295 ± 0.063	ไม่ผ่าน
		ร้านที่ 3	1.337 ± 0.089	ไม่ผ่าน
8. เปรอะหอม	² ปริมาณเถ้ารวม ไม่เกิน 8% w/w	ร้านที่ 1	5.414 ± 0.073	ผ่าน
		ร้านที่ 2	5.741 ± 0.037	ผ่าน
		ร้านที่ 3	7.660 ± 0.042	ผ่าน
	² ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด ไม่เกิน 2% w/w	ร้านที่ 1	1.730 ± 0.075	ผ่าน
		ร้านที่ 2	1.860 ± 0.067	ผ่าน
		ร้านที่ 3	1.937 ± 0.046	ผ่าน

¹ Thai Herbal Pharmacopoeia 2021

² Thai Herbal Pharmacopoeia 2021 (Supplement 2022)

ตารางที่ 1 ปริมาณเถ้ารวมและปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรดในตัวอย่งพืชวงศ์ขิงจำนวน 10 ชนิด (n=3) (ต่อ)

ตัวอย่างพืช	ข้อกำหนด	แหล่ง	ผลการตรวจสอบ (% w/w)	สรุปผล การตรวจสอบ
9. ไพล	¹ ปริมาณเถ้ารวม ไม่เกิน 9% w/w	ร้านที่ 1	5.624 ± 0.025	ผ่าน
		ร้านที่ 2	6.148 ± 0.043	ผ่าน
		ร้านที่ 3	7.093 ± 0.063	ผ่าน
	¹ ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด ไม่เกิน 3% w/w	ร้านที่ 1	1.525 ± 0.022	ผ่าน
		ร้านที่ 2	1.429 ± 0.071	ผ่าน
		ร้านที่ 3	1.825 ± 0.079	ผ่าน
10. ว่านชักมดลูก	² ปริมาณเถ้ารวม ไม่เกิน 10% w/w	ร้านที่ 1	5.628 ± 0.028	ผ่าน
		ร้านที่ 2	4.765 ± 0.061	ผ่าน
		ร้านที่ 3	3.926 ± 0.066	ผ่าน
	² ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด ไม่เกิน 3% w/w	ร้านที่ 1	1.651 ± 0.059	ผ่าน
		ร้านที่ 2	1.415 ± 0.040	ผ่าน
		ร้านที่ 3	1.086 ± 0.071	ผ่าน

¹ Thai Herbal Pharmacopoeia 2021² Thai Herbal Pharmacopoeia 2021 (Supplement 2022)

ตารางที่ 2 การตรวจสอบสารเคมีกำจัดแมลงตกค้างในตัวอย่งพืชวงศ์ขิงจำนวน 10 ชนิด

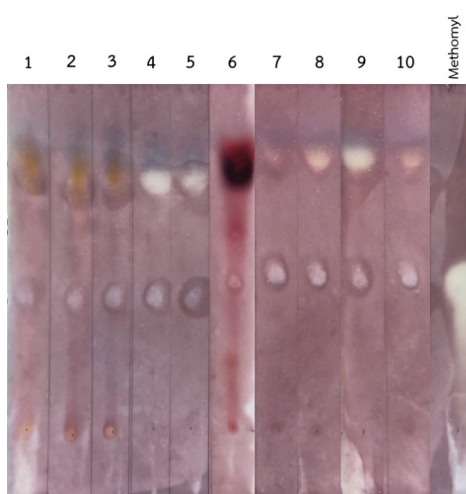
ตัวอย่างพืช	แหล่ง	กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และคาร์บาเมต	กลุ่มออร์กาโนคลอรีน และไพเรทรอยด์
1. กระเทียม	ร้านที่ 1	+	-
	ร้านที่ 2	+	-
	ร้านที่ 3	+	-
2. กระชายดำ	ร้านที่ 1	+	-
	ร้านที่ 2	+	-
	ร้านที่ 3	+	-
3. กระชายเหลือง	ร้านที่ 1	+	-
	ร้านที่ 2	+	-
	ร้านที่ 3	+	-
4. ขมิ้นชัน	ร้านที่ 1	+	-
	ร้านที่ 2	+	-
	ร้านที่ 3	+	-

หมายเหตุ : + = ตรวจพบสารเคมีกำจัดแมลง / - = ตรวจไม่พบสารเคมีกำจัดแมลง

ตารางที่ 2 การตรวจสอบสารเคมีกำจัดแมลงตกค้างในตัวอย่างพืชวงศ์ขิงจำนวน 10 ชนิด (ต่อ)

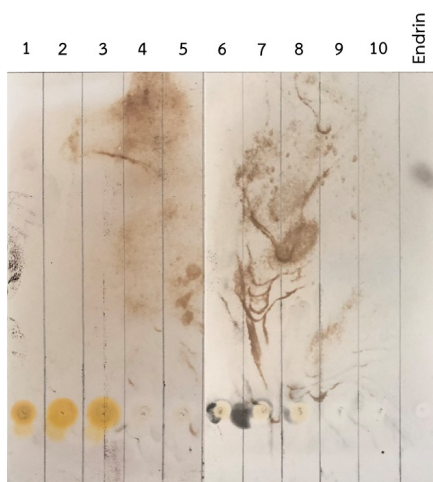
ตัวอย่างพืช	แหล่ง	กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และคาร์บาเมต	กลุ่มออร์กาโนคลอรีน และไพเรทรอยด์
5. ขมิ้นอ้อย	ร้านที่ 1	+	-
	ร้านที่ 2	+	-
	ร้านที่ 3	+	-
6. ข่า	ร้านที่ 1	+	-
	ร้านที่ 2	+	-
	ร้านที่ 3	+	-
7. ขิง	ร้านที่ 1	+	-
	ร้านที่ 2	+	-
	ร้านที่ 3	+	-
8. เปราะหอม	ร้านที่ 1	+	-
	ร้านที่ 2	+	-
	ร้านที่ 3	+	-
9. ไพล	ร้านที่ 1	+	-
	ร้านที่ 2	+	-
	ร้านที่ 3	+	-
10. ว่านชักมดลูก	ร้านที่ 1	+	-
	ร้านที่ 2	+	-
	ร้านที่ 3	+	-

หมายเหตุ : + = ตรวจพบสารเคมีกำจัดแมลง / - = ตรวจไม่พบสารเคมีกำจัดแมลง



ภาพที่ 1 การตรวจสอบสารเคมีกำจัดแมลงตกค้าง กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตบนแผ่นที่แอลซี

(1) ไพล (2) ขมิ้นชัน (3) ขมิ้นอ้อย (4) กระเทียม (5) กระชายดำ (6) กระชายเหลือง
(7) ว่านชักมดลูก (8) ขิง (9) ข่า (10) เปราะหอม เปรียบเทียบกับสารมาตรฐานควบคุม Methomyl



ภาพที่ 2 การตรวจสอบสารเคมีกำจัดแมลงตกค้าง กลุ่มออร์กาโนคลอรีนและไพเรทรอยด์บนแผ่นที่แอลซี

- (1) ไพล (2) ขมิ้นชัน (3) ขมิ้นอ้อย (4) กระเทียม (5) กระชายดำ (6) กระชายเหลือง
(7) ว่านชักมดลูก (8) ขิง (9) ข่า (10) เปราะหอม เปรียบเทียบกับสารมาตรฐานควบคุม Endrin

สรุป

ผลการวิจัยพบว่าปริมาณเถ้ารวมและเถ้าที่ไม่ละลายในกรดของกระเทียม เปราะหอม ไพล และว่านชักมดลูก มีค่าน้อยกว่าค่ามาตรฐานของสมุนไพรแต่ละชนิด ถือว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานสมุนไพร นอกจากนี้ปริมาณเถ้ารวมของขมิ้นชันจากทั้ง 3 ร้าน และกระชายดำ 1 ร้าน มีค่ามากกว่าค่ามาตรฐาน ส่วนปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรดพบว่า กระชายดำ กระชายเหลือง ขมิ้นชัน และขิง ในบางร้านมีค่ามากกว่าค่ามาตรฐาน แสดงให้เห็นถึงแหล่งที่ปลูกอาจจะมีแร่ธาตุมาก หรืออาจเป็นผลมาจากการทำความสะอาดสมุนไพรที่ยังไม่สะอาดเพียงพอ จึงมีเศษดินเศษทรายติดอยู่ที่เหง้าสมุนไพร จึงทำให้มีค่าปริมาณสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด การตรวจสอบสารเคมีกำจัดแมลงด้วยชุดทดสอบ GPO-TM Kit พบว่าสมุนไพรทั้งในวงศ์ขิงทั้ง 10 ชนิด ตรวจพบสารเคมีกำจัดแมลงในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต แต่ไม่พบการตกค้างของสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนและไพเรทรอยด์ การทดสอบด้วยชุดทดสอบเป็นแค่การตรวจสอบสารเคมีกำจัดแมลงเบื้องต้น ซึ่งควรตรวจหาปริมาณสารเคมีตกค้างในสมุนไพรด้วยเครื่องมือที่เหมาะสม เช่น Gas Chromatography-Mass Spectrometry สำหรับตรวจวัดปริมาณสารเคมีที่ตกค้างอยู่ในสมุนไพร ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภคสมุนไพรทางกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ได้ส่งเสริมให้เกษตรกรปรับเปลี่ยนวิธีการทำการเกษตรโดยลด ละ เลิก การใช้สารเคมี รวมทั้งปรับเปลี่ยนการทำการเกษตรที่ไม่ใช้สารเคมี ในส่วนของผู้ใช้สมุนไพรหากจะนำสมุนไพรส่วนเหง้ามาใช้ ควรล้างทำความสะอาดหรือสะดุ้งด้วยยาตามหลักจรรยาเภสัช 5 ประการ เพื่อลดปริมาณสารเคมีกำจัดแมลงที่ตกค้างก่อนนำไปปรุงยาที่อาจส่งผลต่อสุขภาพได้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้บริหาร และศูนย์บริการ RDI มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต ที่สนับสนุนทุนวิจัยของบุคลากร

เอกสารอ้างอิง

- Angsungnuen, S. (2015). Environmental impact from pesticide utilization. **EAU Heritage Journal Science and Technology**, 9(1), 50-63. (In Thai)
- Boonma, N., Puangmala, S., & Vipunngun, N. (2020). **Macroscopic and microscopic character study of After Midwifery formula of Drug Herbal Medicine 2018**. The 7th National Conference Nakhonratchasima College (pp. 1116-1126). Nakhonratchasima: Nakhonratchasima College. (In Thai)
- Charoenchai, L., Madaka, F., Pathompak, P., & Saingam, W. (2015). **The study of total ash, acid-insoluble ash and cyanide contaminants in plants nearby gold mine**. RSU National Research Conference 2015 (pp. 9-17). Pathum Thani: Rangsit University. (In Thai)
- Chitra, M., & Thoppil, J. E. (2008). A pharmacognostical report on the rhizome of *Alpinia galanga* Linn. (Willd). **Ancient Science of Life**, 27(4), 9-21.
- Chokevivat, V. (2004). Quality of crude drug. **Journal of Thai Traditional and Alternative Medicine**, 2(2), 84-91. (In Thai)
- Department of Medical Sciences, Ministry of Public Health. (2016). **Novelty in Thailand for Innovation of Insecticide and Herbicide Test Kits**. Nonthaburi: Department of Medical Sciences, Ministry of Public Health. (In Thai)
- Department of Medical Sciences, Ministry of Public Health. (2017). **Thai Herbal Pharmacopoeia 2017**. Bangkok: The Agricultural Co-operative Federation of Thailand., Ltd.
- Hamjinda, N. S., & Prasittipan, N. (2023). Pesticide residues in herbs case study: Bandongbang herbal growers group, Tambon Dongkeerek, Mueang Prachin Buri District, Prachin Buri Province. **RMUTSB Academic Journal**, 11(1), 79-91. (In Thai)
- Kim, D., Kim, B., Yun, E., Kim, J., Chae, Y., & Park, S. (2013). Statistical quality control of total ash, acid-insoluble ash, loss on drying, and hazardous heavy metals contained in the component medicinal herbs of “Ssanghwatang”, a widely used oriental formula in Korea. **Journal of Natural Medicines**, 67(1), 27-35.
- Leung, K. S. Y., Chan, K., Lau, A. C. K., & Lu, G-H. (2005). Measurement uncertainty for total ash and acid-insoluble ash determination of Chinese materia medica. **Accreditation and Quality Assurance**, 10(6), 289-294.
- Mukherjee, P. K. (2007). **Quality control of herbal drugs**. New Delhi, India: Galaxy Printers.
- Sirirug, P. (2008). The study of Zingiberaceae family in Thailand. **Naresuan University Science Journal**, 5(2), 119 - 128. (In Thai)
- Srithupthai, K. (2018). Detection of pesticide residues in herbal: A case study of farmers group in Ton Phueng sub-district, Phang Khon district, Sakon Nakhon province. **Khon Kaen Agriculture Journal**, 46(Suppl. 1), 841-846. (In Thai)
- Srivastava, S., Mehrotra, S., & Rawat, A. K. S. (2011). Pharmacognostic evaluation of the rhizomes of *Curcuma zedoaria* Rosc. **Pharmacognosy Journal**, 3(21), 18-24.

- The Government Pharmaceutical Organization (GPO) Thailand. (2017). **GPO-TM kits: Application sheet.** Government Pharmaceutical Organization of Thailand.
- World Health Organization. (2011). **Quality control methods for herbal materials.** Geneva, Switzerland: World Health Organization.

แนวทางการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์ของเกษตรกรในอำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม
EXTENSION GUIDELINES OF ORGANIC RICE PRODUCTION
BY FARMERS IN BORABUE DISTRICT, MAHASARAKHAM PROVINCE

เจนณรงค์ สันป่าแก้ว* สุนันท์ สีสังข์ และ พลสรานู สราญรัมย์
สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช นนทบุรี 11120

Jannarong Sanpakaew*, Sunan Sisang and Ponsaran Saranrom
School of Agriculture and Cooperatives, Sukhothai Thammathirat Open University, Nonthaburi 11120

*E-mail: juykung8137@gmail.com

Received: 2023-10-12

Revised: 2024-04-30

Accepted: 2024-05-03

บทคัดย่อ

การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) ความรู้และการปฏิบัติตามมาตรฐานระบบการผลิตข้าวอินทรีย์ของกลุ่มเกษตรกร 2) ปัญหาและข้อเสนอการผลิตข้าวอินทรีย์ 3) ความต้องการของเกษตรกรและแนวทางการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์ ประชากรที่ศึกษา คือ เกษตรกรผู้ผลิตข้าวอินทรีย์ อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม ปีการผลิต 2564/2565 จำนวน 171 ราย กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรการคำนวณของทาโร่ ยามาเน่ ระดับความคาดเคลื่อน 0.05 ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 120 ราย สุ่มตัวอย่างแบบง่าย เก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์ และการสนทนากลุ่ม สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การจัดอันดับ และการวิเคราะห์เชิงเนื้อหาผลการวิจัย พบว่า 1) เกษตรกรมีความรู้ด้านกระบวนการผลิตต่ำกว่าร้อยละ 60 เกี่ยวกับความหมายของข้าวอินทรีย์ การใช้พื้นที่ปลูกข้าวอินทรีย์และการใช้ปุ๋ย การปฏิบัติในการผลิตข้าวอินทรีย์ต่ำกว่าร้อยละ 85 เกี่ยวกับการตรวจวิเคราะห์ดินในแปลงปลูก 2) มีปัญหาในการผลิตข้าวอินทรีย์ ด้านการจัดบันทึก การจัดเก็บข้อมูล และการจัดการดินและปุ๋ย 3) แนวทางการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์ ได้แก่ (1) สร้างการรับรู้ข้อมูลข่าวสาร และประชาสัมพันธ์ความรู้ข้าวอินทรีย์ (2) การส่งเสริมการผลิตปุ๋ยหมักและสารชีวภัณฑ์ (3) ส่งเสริมการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวหอมมะลิอินทรีย์ (4) การติดตามและประเมินผลการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์

คำสำคัญ: แนวทาง การส่งเสริม ข้าวอินทรีย์

ABSTRACT

The objectives of this research were to study 1) knowledge and practices according to farmer group standards for the organic rice production system 2) problems and suggestions regarding organic rice production 3) needs of farmers and extension guidelines regarding organic rice production. 171 organic rice producers in the Borabue district of Mahasarakham province in 2021/22 were the study's population. The sample size of 120 people was determined by using the Taro Yamane formula with an error value of 0.05 and a simple random sampling method. Data were collected by conducting interview and focus group. Frequency, percentage, minimum value, maximum value, mean, standard

deviation, ranking, and content analysis were evaluated for statistical analysis. The results found that 1) Farmers had knowledge regarding the production process lower than 60% on the definition of organic rice, the area used for the production of organic rice and the fertilizer application. They practiced in organic rice production lower than 85% on soil analysis in the planting plots. 2) The problems in organic rice production such as data recording and collection and soil and fertilizer management. 3) The extension guidelines regarding organic rice production were such as (1) creating information perception and publicizing organic rice knowledge; (2) promoting compost and microbial pesticide production; (3) encouraging the production of organic Hom Mali rice seeds; (4) following up and evaluating the results of the extension of organic rice production for standard certification.

Keywords: Guideline, Promotion, Organic rice

บทนำ

ข้าวเป็นพืชอาหารหลักและเป็นพืชเศรษฐกิจหลักที่ทำรายได้ในอันดับต้น ๆ ของประเทศ โดยเฉพาะข้าวหอมมะลิไทยที่เป็นข้าวพันธุ์พื้นเมืองของไทยซึ่งได้รับการพัฒนาสายพันธุ์จนได้ข้าวหอมมะลิสายพันธุ์ที่ดีที่สุด คือ พันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ต่อมามีการปรับปรุงพันธุ์เป็นข้าวพันธุ์ กข 105 กระทรวงพาณิชย์จึงได้ประกาศให้ ข้าวทั้ง 2 พันธุ์เป็นข้าวหอมมะลิไทย ที่ได้รับความนิยมในการบริโภคมากเนื่องจากเมื่อผ่านการหุงสุกข้าวมีกลิ่นของดอกมะลิเกิดจากสาร 2-acetyl-1-pyrroline และสารระเหยอื่นๆ กว่า 200 ชนิด และมีเนื้อสัมผัสที่เหนียวนุ่มกว่าข้าวสายพันธุ์อื่น (Horrungsiwat & Therdthai, 2013) ทำให้ช่วงเดือนมิถุนายน 2566 การส่งออกข้าวหอมมะลิไทย (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ) มีปริมาณการส่งออก 5,754 ตัน คิดเป็นมูลค่า 194 ล้านบาท (Department of Foreign Trade, 2023) ซึ่งทุ่งกุลาร้องไห้เป็นที่ราบขนาดใหญ่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 2 ล้านไร่ ในพื้นที่ 5 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดมหาสารคาม ร้อยเอ็ด ยโสธร สุรินทร์ และศรีสะเกษ เป็นแหล่งผลิตข้าวหอมมะลิไทยที่เหมาะสมที่จะผลิตข้าวหอมมะลินิทรีย์ ให้มีคุณภาพตามความต้องการของตลาด (Poovarodom et al., 2020)

ปัจจุบันผู้บริโภคจึงให้ความสนใจและตื่นตัวกับการดูแลสุขภาพเพิ่มมากขึ้น โดยให้ความสำคัญกับการเลือกรับประทานอาหารที่ปลอดภัยจากสารเคมี จากสถานการณ์ดังกล่าวรัฐบาลโดยกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กระทรวงพาณิชย์ และกระทรวงมหาดไทย ได้มีนโยบายในการรักษาเสถียรภาพราคาข้าวและรายได้ของชาวนาโดยจัดทำแผนการผลิตและการตลาดข้าวครบวงจรเพื่อบริหารจัดการข้าวตลอดห่วงโซ่อุปทาน และกำหนดให้ปี 2560 เป็นปีแห่งการยกระดับมาตรฐานสินค้าเกษตรซึ่งการผลิตข้าวอินทรีย์เป็นยุทธศาสตร์หนึ่งในการยกระดับมาตรฐานสินค้าเกษตรเพื่อสร้างเพิ่มมูลค่าสินค้าข้าว รักษาสภาพแวดล้อม และกรมการข้าวได้ดำเนินการตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค สร้างสังคมที่มีความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน ทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมให้กับประเทศต่อไป โดยภายใต้ยุทธศาสตร์การพัฒนาเกษตรอินทรีย์แห่งชาติ พ.ศ. 2560 – 2564 ได้กำหนดเป้าหมายเพิ่มพื้นที่เกษตรอินทรีย์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 20 ต่อปี รวมถึงความต้องการของตลาดสินค้าอินทรีย์ในประเทศไทยมีเพิ่มมากขึ้นตามกระแสการรักษาสุขภาพ แต่ปริมาณสินค้าอินทรีย์ไม่เพียงพอต่อการจำหน่ายซึ่งในส่วนของเกษตรกรรมมีผลผลิตเกษตรอินทรีย์ที่ยังไม่ผ่านการรับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ ดังนั้นนโยบายกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ที่มุ่งเน้นการส่งเสริมการผลิตสินค้าเกษตรอินทรีย์จึงส่งเสริมให้มีการผลิตสินค้าข้าวอินทรีย์ที่ได้มาตรฐาน Organic Thailand เพื่อส่งเสริมการผลิตสินค้าข้าวให้มีคุณภาพและปลอดภัยต่อผู้ผลิต ผู้บริโภคและรักษาสภาพแวดล้อม (Rice Department, 2017) ตามมาตรฐานสินค้าเกษตร (มกษ.9000 เล่ม 4) โดยมีข้อกำหนดทั้งหมด 9 ข้อกำหนด (National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards, 2018)

อำเภอเบรบือ จังหวัดมหาสารคาม มีประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพทางการเกษตรซึ่งมีการปลูกข้าวเป็นพืชหลัก มีพื้นที่ปลูกข้าวทั้งหมด 268,666 ไร่ 21,073 ครัวเรือน แม้จะมีความได้เปรียบทางด้านพื้นที่การผลิตแต่การเพิ่มพื้นที่และปริมาณผลผลิตของข้าวหอมมะลิอินทรีย์ยังมีจำนวนเพิ่มไม่มากนักในแต่ละปีเนื่องจากเกษตรกรประสบปัญหาหลายด้าน เช่น ปัญหาขาดแคลนแหล่งน้ำ ขาดแคลนแรงงาน โรคพืช - แมลงศัตรูพืช การสะสมของสารเคมี เนื่องจากการใช้ปุ๋ยเคมี และสารกำจัดศัตรูพืชเป็นระยะเวลานานทำให้ดินเสื่อมโทรม ปัญหาด้านสุขภาพ และความรู้ด้านมาตรฐานระบบการผลิตข้าวอินทรีย์ (Borabue District Agricultural Extension Office, 2022)

จากสถานการณ์ดังกล่าวการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์จึงมีความสำคัญต่อเกษตรกรในพื้นที่อำเภอเบรบือที่จะช่วยแก้ไขปัญหาด้านการผลิตข้าวอินทรีย์ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาไปสู่การได้รับการรับรองแหล่งผลิตข้าวอินทรีย์ ดังนั้นการศึกษาการผลิตข้าวอินทรีย์ของเกษตรกรในอำเภอเบรบือ จังหวัดมหาสารคาม สามารถทราบถึงลักษณะสภาพพื้นฐานสังคมและเศรษฐกิจของสมาชิกกลุ่มเกษตรกร ความรู้ และการปฏิบัติตามมาตรฐานระบบการผลิตข้าวอินทรีย์ของกลุ่มเกษตรกร ต้นทุนการผลิตข้าวอินทรีย์ ปัญหาและข้อเสนอการผลิตข้าวอินทรีย์เพื่อการรับรองของกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตข้าวอินทรีย์ ความต้องการของเกษตรกร และแนวทางการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์เพื่อการรับรองตามมาตรฐาน ซึ่งจะเป็ข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญให้เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้นำไปศึกษาวิจัยและใช้ประกอบการตัดสินใจในการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์ในพื้นที่โดยมีแนวทางในการส่งเสริมและพัฒนาขับเคลื่อนงานด้านเกษตรอินทรีย์ให้มีประสิทธิภาพและได้รับการรับรองตามมาตรฐานระบบการผลิตข้าวอินทรีย์ และการผลิตพืชอื่น ๆ ในการทำการเกษตรอินทรีย์ทั้งในปัจจุบันและอนาคตต่อไป

วิธีการ

การวิจัยเชิงสำรวจ (Survey research) เครื่องมือที่ใช้ คือ แบบสัมภาษณ์ 5 ตอน 1) สภาพพื้นฐานสังคมและเศรษฐกิจของสมาชิกกลุ่มเกษตรกร 2) ความรู้และการปฏิบัติตามมาตรฐานระบบการผลิตข้าวอินทรีย์ของกลุ่มเกษตรกร 3) ต้นทุนการผลิตข้าวอินทรีย์ 4) ปัญหาและข้อเสนอการผลิตข้าวอินทรีย์เพื่อการรับรองกลุ่มเกษตรกร 5) แนวทางการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์เพื่อการรับรองตามมาตรฐาน โดยมีวิธีการดำเนินการ ดังนี้

1. พื้นที่ในการศึกษาครั้งนี้ คือ กลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตข้าวอินทรีย์ ในพื้นที่อำเภอเบรบือ จังหวัดมหาสารคาม ปีการผลิต 2564/2565

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง สมาชิกกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตข้าวอินทรีย์ จำนวน 6 กลุ่ม ในพื้นที่อำเภอเบรบือ จังหวัดมหาสารคาม ปีการผลิต 2564/2565 จำนวน 171 ราย ซึ่งกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรการคำนวณของ ทาโร่ ยามาเน่ กำหนดระดับความคาดเคลื่อน 0.05 ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 120 ราย สุ่มตัวอย่างแบบง่าย มีค่าความเชื่อมั่นของแบบสัมภาษณ์ (Index of item-Objective Congruence: IOC) เท่ากับ 0.92 ค่าความเที่ยงของแบบสัมภาษณ์มีค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น ดังนี้ ตอนที่ 4 ปัญหาและข้อเสนอการผลิตข้าวอินทรีย์ เท่ากับ 0.76 ยอมรับได้ ตอนที่ 5 แนวทางการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์เพื่อการรับรองตามมาตรฐาน เท่ากับ 0.96 ดีมาก

3. การเก็บรวบรวมข้อมูลและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสัมภาษณ์ และการสนทนากลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง (Structured interview) สร้างเครื่องมือโดยการกำหนดตัวแปรที่ต้องการในประเด็นต่างๆ ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยแล้วจึงกำหนดตัวชี้วัดและมาตรวัดตัวแปรในแต่ละประเด็นตามที่กำหนดไว้แล้วนำมาสร้างเป็นคำถามประกอบด้วย 2 ลักษณะ คือ คำถามที่กำหนดคำตอบไว้ให้เลือกตอบหรือคำถามปิด (Closed – end question) และคำถามที่เปิดโอกาสให้ผู้ตอบแสดงความคิดเห็นอย่างเต็มที่หรือคำถามเปิด (Open – ended question)

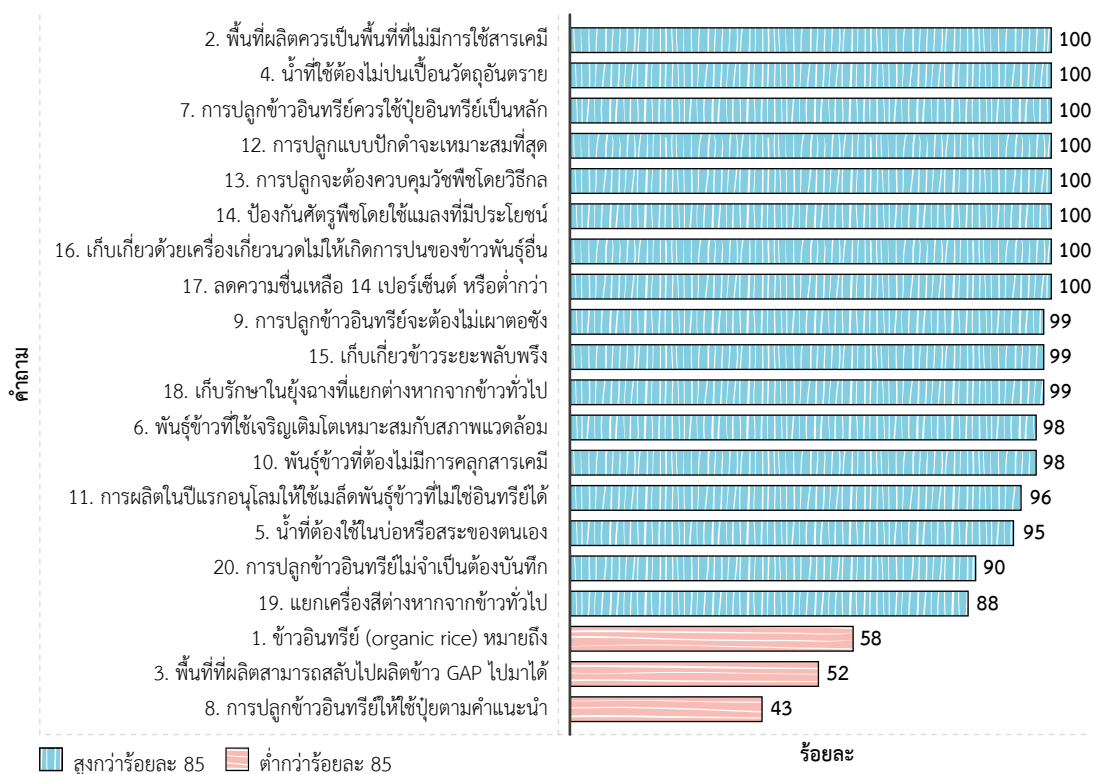
4. การวิเคราะห์ข้อมูล เมื่อได้แบบสัมภาษณ์ครบตามจำนวนที่กำหนดจะดำเนินการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล และลงรหัสเพื่อประมวลผลข้อมูลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ได้แก่ ค่าความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าต่ำสุด (Minimum) ค่าสูงสุด (Maximum) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation: SD) การจัดอันดับ (Ranking) และการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ความรู้และการปฏิบัติตามมาตรฐานระบบการผลิตข้าวอินทรีย์ของกลุ่มเกษตรกร

1.1 ความรู้ตามมาตรฐานระบบการผลิตข้าวอินทรีย์ของกลุ่มเกษตรกรพบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่มีความรู้ตามมาตรฐานระบบการผลิตข้าวอินทรีย์สามารถตอบได้ถูกต้องในระดับมากที่สุด (สูงกว่าร้อยละ 85) ในประเด็นพื้นที่การผลิตข้าวอินทรีย์ แหล่งน้ำใช้ปลูกข้าวอินทรีย์ พันธุ์ข้าวที่ใช้ปลูกข้าวอินทรีย์ การจัดการคุณภาพในกระบวนการผลิต ก่อนการเก็บเกี่ยวการเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวการขนย้ายการเก็บรักษาการรวบรวมผลผลิตการสีแปรสภาพข้าว และการบันทึกและการจัดเก็บข้อมูล แต่มีเกษตรกรบางส่วนที่ตอบได้ถูกต้อง ในระดับน้อยที่สุด (ต่ำกว่าร้อยละ 85) ได้แก่ ข้อ 1 3 และ 8 ดังภาพที่ 1

ความรู้ตามมาตรฐานระบบการผลิตข้าวอินทรีย์ของกลุ่มเกษตรกร

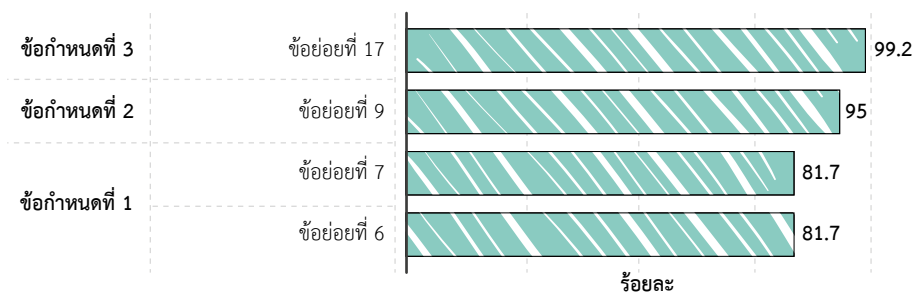


ภาพที่ 1 แผนภูมิแสดงระดับความรู้ตามมาตรฐานระบบการผลิตข้าวอินทรีย์ของกลุ่มเกษตรกร

จากผลการวิจัยเกษตรกรส่วนใหญ่มีความรู้เกี่ยวกับมาตรฐานระบบการผลิตข้าวอินทรีย์ในระดับมากที่สุด (สูงกว่าร้อยละ 85) ประเด็นที่เกี่ยวกับพื้นที่การผลิตข้าวอินทรีย์ แหล่งน้ำใช้ปลูกข้าวอินทรีย์ พันธุ์ข้าวที่ใช้ปลูกข้าวอินทรีย์ การจัดการคุณภาพในกระบวนการผลิตก่อนการเก็บเกี่ยว การเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว การขนย้าย การเก็บรักษา และการรวบรวมผลผลิต และการบันทึกและการจัดเก็บข้อมูล สอดคล้องกับ Saenpradit (2019) ได้ศึกษา การส่งเสริมการผลิตและเพิ่มมูลค่าข้าวอินทรีย์ของเกษตรกร อำเภอธวัชบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด ที่พบว่าเกษตรกรมีความรู้ เกี่ยวกับการผลิตและการเพิ่มมูลค่าข้าวอินทรีย์ในระดับมากโดยเกษตรกรส่วนใหญ่ตอบคำถามได้ถูกต้องมากที่สุด (สูงกว่าร้อยละ 80) เนื่องจากมีประสบการณ์ทำนาอินทรีย์ผ่านการฝึกอบรม สัมมนา และศึกษาดูงานเกี่ยวกับการผลิต ข้าวอินทรีย์อย่างน้อย 1 ครั้ง และได้รับการติดตามจากเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรแต่มีเกษตรกรบางส่วนที่ตอบได้ ถูกต้องในระดับน้อยที่สุด (ต่ำกว่าร้อยละ 85) ในประเด็นความหมายของข้าวอินทรีย์ ความเข้าใจในการใช้พื้นที่ใน การผลิตข้าวอินทรีย์ และการจัดการดินและปุ๋ยซึ่งจะเห็นได้ว่าเกษตรกรยังขาดความรู้ความเข้าใจในประเด็นที่มีความสำคัญ ในเรื่องของพื้นที่และการจัดการดินและปุ๋ยซึ่งเป็นประเด็นที่มีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อความเป็นเกษตรอินทรีย์จึง จะต้องมีการอบรมให้ความรู้เพิ่มเติมในประเด็นเหล่านั้น

1.2 การปฏิบัติตามมาตรฐานระบบการผลิตข้าวอินทรีย์ของกลุ่มเกษตรกรพบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่มีการปฏิบัติ ในทุกประเด็นตามข้อกำหนด (ร้อยละ 100) ยกเว้นในประเด็นข้อกำหนดที่ 3 ข้อย่อยที่ 17 ไม่มีการใช้สารเคมี/ปุ๋ยเคมี ในการปลูกพืชก่อน-หลังการเพาะปลูก (ร้อยละ 99.2) ข้อกำหนดที่ 2 ข้อย่อยที่ 9 แหล่งน้ำที่ใช้ในการผลิตข้าวอินทรีย์ ต้องไม่ไหลผ่านมาจากคอกปศุสัตว์ สัตว์ปีก (ร้อยละ 95.0) และข้อกำหนดที่ 1 ข้อย่อยที่ 6 ดินในแปลงปลูกไม่เคยมี การตรวจวิเคราะห์พบสารกำจัดศัตรูพืชที่มีพิษสูง และข้อย่อยที่ 7 ดินในแปลงปลูกไม่เคยมีการตรวจวิเคราะห์พบ โลหะหนักตกค้างในดินมาก่อน (ร้อยละ 81.7) ดังภาพที่ 2

การปฏิบัติตามมาตรฐานระบบการผลิตข้าวอินทรีย์ (ปฏิบัติได้ไม่ครบ)



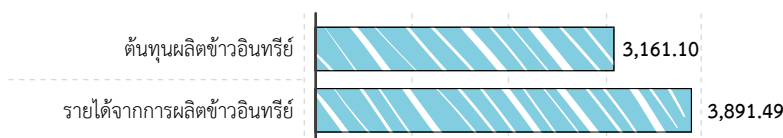
ภาพที่ 2 แผนภูมิแสดงระดับการปฏิบัติตามมาตรฐานระบบการผลิตข้าวอินทรีย์ของกลุ่มเกษตรกร

จากผลการวิจัยเกษตรกรส่วนใหญ่มีการปฏิบัติตามมาตรฐานระบบการผลิตข้าวอินทรีย์ในระดับมากที่สุด (ร้อยละ 100) คือ การจัดการคุณภาพในกระบวนการผลิตก่อนการเก็บเกี่ยวซึ่งสอดคล้องกับ Wongsra (2021) ได้ศึกษาการปฏิบัติ ในการปลูกข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรในพื้นที่อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย พบว่าเกษตรกรมีการปฏิบัติ ในการปลูกข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์อยู่ในระดับการปฏิบัติมาก ด้านการจัดการคุณภาพในกระบวนการผลิตก่อน การเก็บเกี่ยวมากที่สุดเนื่องจากการจัดการคุณภาพเริ่มต้นด้วยการเลือกเมล็ดพันธุ์ข้าวมาจากแหล่งผลิตข้าวอินทรีย์และ เชื่อถือได้ อีกทั้งการปลูกข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์เกษตรกรต้องป้องกันกำจัดศัตรูพืชและวัชพืชอย่างถูกต้องและมี ประสิทธิภาพด้วยวิธีที่เหมาะสมตามคำแนะนำของเจ้าหน้าที่ทำให้เกษตรกรเห็นความสำคัญในด้านการจัดการคุณภาพใน กระบวนการผลิตก่อนการเก็บเกี่ยวมากที่สุด จึงสรุปได้ว่าความรู้มีผลต่อการปฏิบัติตามมาตรฐานระบบการผลิตข้าวอินทรีย์

ของกลุ่มเกษตรกร โดยการถ่ายทอดความรู้ในการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการการจัดทำแปลงข้าวอินทรีย์ต้นแบบ และการประชาสัมพันธ์ในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อให้เกษตรกรกลุ่มเป้าหมายสามารถเข้าถึงข้อมูลด้านการผลิตข้าวอินทรีย์ตามมาตรฐานระบบการผลิตข้าวอินทรีย์เป็นการสร้างความรู้และความเข้าใจเพื่อนำไปปฏิบัติและขอการรับรองมาตรฐานระบบการผลิตข้าวอินทรีย์ นอกเหนือจากการถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างในพืช ดิน ตะกอน และน้ำเป็นส่วนสำคัญในการสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้บริโภคซึ่งอัตราค่าธรรมเนียมการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง มีดังนี้ สารพิษกลุ่ม Organochlorines ในน้ำมีอัตราค่าธรรมเนียม ราคา 3,500 บาท สารพิษกลุ่ม Organochlorines กลุ่ม Pyrethroids และกลุ่ม Organophosphorus ในดิน อัตราค่าธรรมเนียม ราคา 3,500 บาท และสารพิษกลุ่ม Organophosphorus ในน้ำ อัตราค่าธรรมเนียม ราคา 3,500 บาท (Agricultural Production Science Research and Development Division, 2021) ซึ่งอัตราค่าธรรมเนียมดังกล่าวทำให้ต้นทุนการผลิตของเกษตรกรสูงขึ้น ดังนั้นหน่วยงานภาครัฐควรจะให้การสนับสนุนในส่วนของการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างในแปลงปลูกของเกษตรกรผู้ผลิตข้าวอินทรีย์

2. ต้นทุนการผลิตข้าวอินทรีย์ จากการวิจัยพบว่าปริมาณผลผลิตข้าวอินทรีย์ของเกษตรกรอยู่ระหว่าง 301 - 350 กิโลกรัมต่อไร่ (ร้อยละ 35.0) โดยมีปริมาณผลผลิตข้าวต่ำสุด 250 กิโลกรัมต่อไร่ สูงสุด 583 กิโลกรัมต่อไร่ เฉลี่ย 369.41 กิโลกรัมต่อไร่ รายได้จากการผลิตข้าวอินทรีย์อยู่ระหว่าง 3,501 - 4,500 บาทต่อไร่ (ร้อยละ 28.3) โดยมีรายได้จากการผลิตข้าวอินทรีย์ต่ำสุด 2,600 บาทต่อไร่ สูงสุด 5,830 บาทต่อไร่ เฉลี่ย 3,891.49 บาทต่อไร่ ต้นทุนการผลิตข้าวอินทรีย์อยู่ระหว่าง 3,001 - 3,500 บาทต่อไร่ (ร้อยละ 57.5) โดยมีต้นทุนการผลิตข้าวอินทรีย์ต่ำสุด 2,322 บาทต่อไร่ สูงสุด 3,780 บาทต่อไร่ เฉลี่ย 3,161.10 บาทต่อไร่ ดังนั้นเกษตรกรจะมีกำไรเฉลี่ย 730.39 บาทต่อไร่ ดังภาพที่ 3

ต้นทุนการผลิตข้าวอินทรีย์ (บาทต่อไร่)



ภาพที่ 3 แผนภูมิแสดงต้นทุนการผลิตข้าวอินทรีย์

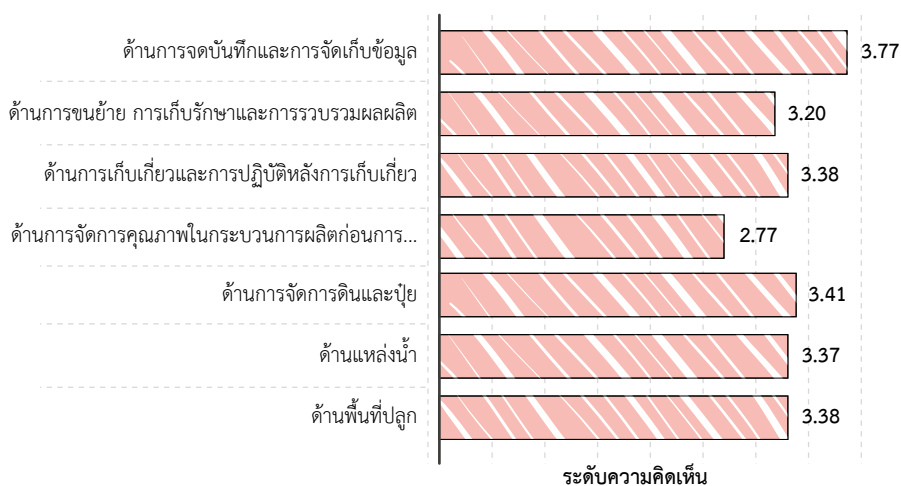
จากการวิจัยปริมาณผลผลิตข้าวอินทรีย์ของเกษตรกรเฉลี่ย 369.41 กิโลกรัมต่อไร่ โดยมีรายได้จากการผลิตข้าวอินทรีย์เฉลี่ย 3,891.49 บาทต่อไร่ มีต้นทุนเฉลี่ย 3,161.10 บาทต่อไร่ และมีกำไรเฉลี่ย 730.39 บาทต่อไร่ แตกต่างจาก Kanjana (2021) ที่ศึกษาการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของการเปลี่ยนผ่านการผลิตข้าวเพื่อเข้าสู่มาตรฐานเกษตรอินทรีย์ในจังหวัดนครราชสีมาพบว่าต้นทุนการผลิตข้าวอินทรีย์ของกลุ่มเกษตรกรระยะให้การรับรองมาตรฐาน (T3) มีรายได้เฉลี่ย 6,115.44 บาท บาทต่อไร่ และมีต้นทุนเฉลี่ย 4,308.50 บาทต่อไร่ ซึ่งสาเหตุที่ทำให้เกิดความแตกต่างกันนั้นเกิดจากปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น ราคาขายข้าวอินทรีย์ที่ขึ้นอยู่กับราคาตลาด ราคาปัจจัยการผลิต ค่าจ้างแรงงาน และค่าใช้จ่ายต่างๆที่เกิดขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Jaensirisak et al. (2013) ที่ศึกษาบริบทของชุมชนในการคำนวณต้นทุนการผลิตข้าวอินทรีย์ในจังหวัดอุบลราชธานี พบว่างานวิจัยเกี่ยวข้องใน 2 ประเด็น คือ

1) การให้ความสำคัญกับการคำนวณต้นทุนการผลิตที่แท้จริงเพื่อประโยชน์ในการตั้งราคาขายข้าวอินทรีย์ของกลุ่ม เนื่องจากราคาขายข้าวอินทรีย์ของกลุ่มจะขึ้นอยู่กับราคาตลาด หรือราคา ประกัน หรือราคาจำหน่ายตามที่รัฐบาลประกาศเท่านั้น โดยเกษตรกรไม่มีอำนาจในการตั้งราคาขายข้าวอินทรีย์ได้ด้วยตนเองซึ่งเกษตรกรทุกคนควรเห็นความสำคัญของการคำนวณต้นทุนการผลิตที่ถูกต้องและแท้จริงเพื่อประโยชน์ในการตัดสินใจลดต้นทุนการผลิตในส่วนที่ไม่จำเป็นลง หรือการตัดสินใจปรับเปลี่ยนการใช้วัตถุดิบ แรงงาน หรือค่าใช้จ่ายในการผลิตอื่นให้เหมาะสมยิ่งขึ้น รวมทั้งการตัดสินใจ

แปรรูปผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่า เป็นต้น 2) ความเข้าใจถูกต้องของเกษตรกรในการคำนวณต้นทุนการผลิต ซึ่งมีข้อจำกัดอยู่หลายประเด็น เช่น การไม่รวมค่าใช้จ่ายทุกอย่างที่เกิดขึ้นในการผลิตไม่ว่าจะจ่ายออกไปจริงหรือไม่ก็ตามซึ่งถือเป็นต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ ได้แก่ ค่าจ้างแรงงานครัวเรือน ค่าเช่าที่ดินเอง การนำค่าวัสดุปัจจัยการผลิตที่มีอายุการใช้งานเกินหนึ่งรอบระยะเวลาการผลิตมารวมเป็นต้นทุนการผลิตในรอบการผลิตเดียวทั้งหมด การคำนวณต้นทุนการผลิตโดยเน้นที่ต้นทุนผันแปรเท่านั้นคือต้นทุนที่จ่ายออกไปจริงและจดบันทึกลงบัญชีไว้ซึ่งถือเป็นต้นทุนทางบัญชี นอกจากนี้การปรับตัวของค่าจ้างแรงงานและค่าจ้างรถเก็บเกี่ยวต่างก็มีผลกระทบต่อต้นทุนการผลิตของเกษตรกรอย่างมีสาระสำคัญ ด้วยเหตุนี้ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์จึงสูงกว่าต้นทุนทางบัญชีทำให้กำไรทางเศรษฐศาสตร์น้อยกว่ากำไรทางบัญชี

3. ปัญหา และข้อเสนอการผลิตข้าวอินทรีย์เพื่อการรับรองของกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตข้าวอินทรีย์ ในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย = 3.28) จำนวน 5 ด้าน ได้แก่ ด้านพื้นที่ปลูก ด้านแหล่งน้ำ ด้านการเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวเท่ากัน (ค่าเฉลี่ย = 3.37) รองลงมาด้านการขนย้าย การเก็บรักษาและการรวบรวมผลผลิต (ค่าเฉลี่ย = 3.20) และด้านการจัดการคุณภาพในกระบวนการผลิตก่อนการเก็บเกี่ยว (ค่าเฉลี่ย = 2.77) แต่เมื่อพิจารณารายละเอียดพบว่าเกษตรกรมีปัญหาการผลิตข้าวอินทรีย์เพื่อการรับรองของกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตข้าวอินทรีย์ในระดับมาก 2 ด้าน ได้แก่ ด้านการจัดบันทึกและการจัดเก็บข้อมูล (ค่าเฉลี่ย = 3.77) รองลงมา ด้านการจัดการดินและปุ๋ย (ค่าเฉลี่ย = 3.41) ดังภาพที่ 4

ปัญหาและข้อเสนอการผลิตข้าวอินทรีย์เพื่อการรับรองของกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตข้าวอินทรีย์ (ค่าเฉลี่ย)



ภาพที่ 4 แผนภูมิแสดงปัญหาและข้อเสนอการผลิตข้าวอินทรีย์เพื่อการรับรองของกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตข้าวอินทรีย์

ปัญหาและข้อเสนอการผลิตข้าวอินทรีย์เพื่อการรับรองของกลุ่มเกษตรกรเมื่อพิจารณารายละเอียดพบว่าเกษตรกรมีปัญหาการผลิตข้าวอินทรีย์เพื่อการรับรองของกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตข้าวอินทรีย์ในระดับมากจำนวน 2 ด้าน ได้แก่ ด้านการจัดบันทึกและการจัดเก็บข้อมูล (ค่าเฉลี่ย = 3.77) รองลงมาด้านการจัดการดินและปุ๋ย (ค่าเฉลี่ย = 3.41) จะเห็นได้ว่าประเด็นที่สำคัญในการผลิตข้าวอินทรีย์เพื่อการรับรอง และเป็นปัญหอันดับ 1 จากสรุปภาพรวมทั้งหมด คือ ประเด็นปัญหาด้านการจัดบันทึกและการจัดเก็บข้อมูลซึ่งเกษตรกรยังขาดความเข้าใจเกี่ยวกับแบบบันทึกข้อมูลส่วนนี้เป็นข้อกำหนดสำคัญในการขอการรับรองมาตรฐานการผลิตข้าวอินทรีย์ เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรจึงมีความสำคัญในการติดตามให้คำแนะนำการผลิตข้าวอินทรีย์เพื่อการรับรองและการจดบันทึกของเกษตรกรอย่างต่อเนื่อง อีกทั้งเกษตรกรมี

การเสนอแนะให้มีการจัดฝึกอบรมความรู้เรื่องมาตรฐานระบบการผลิตข้าวอินทรีย์ และการจัดการดินและปุ๋ยซึ่งแสดงให้เห็นว่าเกษตรกรให้ความสำคัญกับการความปลอดภัยทางด้านอาหารควบคู่ไปกับการพัฒนาองค์ความรู้การผลิตข้าวอินทรีย์

4. ความต้องการของเกษตรกรและแนวทางการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์เพื่อการรับรองตามมาตรฐานในภาพรวมความต้องการการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.10) ได้แก่ ด้านการติดตามประเมินผล (ค่าเฉลี่ย = 4.19) รองลงมาด้านการส่งเสริมการปลูกข้าวในพื้นที่ (ค่าเฉลี่ย = 4.18) ด้านการประสานงาน (ค่าเฉลี่ย = 4.04) และด้านการถ่ายทอดเทคโนโลยี (ค่าเฉลี่ย = 3.94) เกษตรกรเห็นด้วยกับแนวทางการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์ประกอบด้วย 4 แนวทาง ได้แก่ 1) สร้างการรับรู้ข้อมูลข่าวสาร และประชาสัมพันธ์ความรู้ข้าวอินทรีย์ 2) การส่งเสริมการผลิตปุ๋ยหมักและสารชีวภัณฑ์ 3) ส่งเสริมการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวหอมมะลิอินทรีย์ 4) การติดตามและประเมินผลการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์เพื่อการรับรองตามมาตรฐาน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยความต้องการการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์เพื่อการรับรองตามมาตรฐาน

ปัญหา	ปัญหาระดับการยอมรับ			
	ค่าเฉลี่ย	SD	ความหมาย	อันดับ
ด้านการส่งเสริมการปลูกข้าวในพื้นที่	4.18	0.533	มาก	2
ด้านการถ่ายทอดเทคโนโลยี	3.94	0.658	มาก	4
ด้านการประสานงาน	4.04	0.441	มาก	3
ด้านการติดตามประเมินผล	4.19	0.491	มาก	1
รวมเฉลี่ย	4.10	0.497	มาก	

จะเห็นว่าเกษตรกรให้ความสำคัญและเชื่อมั่นเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรเป็นอย่างมากซึ่งเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรสามารถสร้างการรับรู้ข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตข้าวอินทรีย์ รวมถึงการเข้าถึงเทคโนโลยีการผลิตใหม่ ๆ ที่เหมาะสมกับเกษตรกรในพื้นที่ และมีติดตามเยี่ยมเกษตรกรเพื่อรับฟังปัญหาและข้อเสนอในการส่งเสริมการปลูกข้าวอินทรีย์

5. การวิเคราะห์เชิงเนื้อหาโดยใช้ SWOT Analysis เป็นการวิเคราะห์จุดแข็ง (Strengths) จุดอ่อน (Weakness) โอกาส (Opportunities) และอุปสรรค (Threats) ดังแสดงในตารางที่ 2 และการใช้กลยุทธ์ TOWS matrix เพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์ของเกษตรกรในอำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม ดังแสดงในตารางที่ 3

- T 1.1.1 การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมแนวความคิด
ของเกษตรกร
- T 1.1.2 ความซื่อสัตย์ของเกษตรกรในการผลิตข้าวอินทรีย์
- T 2.1 ราคาปัจจัยการผลิต
- T 2.2 โรค-แมลงศัตรูพืช
- T 2.3 อายุและการศึกษาทำให้การจดบันทึกยากลำบาก
- T 3.1 งบประมาณ
- T 3.2 อัตราค่าจ้าง จนนท.ส่งเสริมการเกษตร
- T 3.3 นโยบายภาครัฐ

ตารางที่ 3 แสดงการกำหนดกลยุทธ์ TOWS matrix

เพื่อกำหนดแนวทางการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์เพื่อการรับรองตามมาตรฐาน

การสร้างกลยุทธ์ TOWS matrix	
กลยุทธ์เชิงรุก การเสริมสร้างการรับรู้ข้อมูลข่าวสารและประชาสัมพันธ์ ความรู้ข้าวอินทรีย์ (S 1.1.1 + O1)	กลยุทธ์เชิงแก้ไข การติดตามและประเมินผลการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์ เพื่อการรับรองตามมาตรฐาน (W 3.1 + O2)
กลยุทธ์เชิงป้องกัน เสริมสร้างความรู้การผลิตข้าวอินทรีย์ เพื่อการรับรองตาม มาตรฐานระบบการผลิตข้าวอินทรีย์ (S 3.1 + T 2.3)	กลยุทธ์เชิงตั้งรับ ส่งเสริมการผลิตปุ๋ยหมักและสารชีวภัณฑ์ (W 1.1.1, W 1.2.2, W 2.1, W 2.2, W 2.3 + T 2.1, T 2.2)

แนวทางการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์เพื่อการรับรองตามมาตรฐานโดยนำผลการวิเคราะห์ตามวัตถุประสงค์ทั้ง 5 ตอน มาทำการวิเคราะห์โดยใช้ SWOT Analysis และสร้างกลยุทธ์โดยใช้ TOWS matrix ผลการศึกษาแนวทางการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์เพื่อการรับรองตามมาตรฐานประกอบด้วย 4 แนวทาง ได้แก่

- 1) สร้างการรับรู้ข้อมูลข่าวสาร และประชาสัมพันธ์ความรู้ข้าวอินทรีย์
- 2) การส่งเสริมการผลิตปุ๋ยหมัก และสารชีวภัณฑ์
- 3) เสริมสร้างความรู้การผลิตข้าวอินทรีย์เพื่อการรับรองตามมาตรฐานระบบการผลิตข้าวอินทรีย์
- 4) การติดตาม และประเมินผลการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์เพื่อการรับรองตามมาตรฐานสอดคล้องกับแผน

ยุทธศาสตร์กรมส่งเสริมการเกษตรระยะ 20 ปี กลยุทธ์ที่ 4 การส่งเสริมการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และบริหารจัดการทรัพยากรการเกษตร สนับสนุนการทำเกษตรกรรมยั่งยืน ส่งเสริมการใช้ปัจจัยการผลิตที่มีคุณภาพและบริหารจัดการทรัพยากรเกษตรอย่างมีประสิทธิภาพ ส่งเสริมและสนับสนุนให้เกษตรกรเข้าถึงปัจจัยการผลิตที่มีคุณภาพ ในราคาที่เหมาะสม ส่งเสริมและพัฒนาเกษตรกรให้สามารถผลิต จัดหา และใช้ปัจจัยการผลิตอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะสารชีวภาพ/ ชีวภัณฑ์เพื่อทดแทนการใช้สารเคมี ส่งเสริมการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ใช้เอง ส่งเสริมการบริหารจัดการศัตรูพืชอย่างยั่งยืนโดยสนับสนุนการจัดการศัตรูพืชโดยใช้การจัดการศัตรูพืชด้วยวิธีผสมผสานให้ครอบคลุมทุกชนิดพืชและครอบคลุมทุกพื้นที่ (Department of Agricultural Extension, 2023) และยังสอดคล้องกับระบบส่งเสริมการเกษตร (T & V System) ซึ่งเป็นระบบของการทำงานของเจ้าหน้าที่ให้เกิดความชัดเจนของการทำงานในเชิงบูรณาการกับหน่วยงานต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับสถานการณ์ปัจจุบัน และเจ้าหน้าที่สามารถทำงานในพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ ได้แก่ การถ่ายทอดความรู้ (Training) การเยี่ยมเยียน (Visiting) การสนับสนุน (Supporting) การนิเทศงาน (Supervision) การจัดการข้อมูล (Data management) (Department of Agricultural Extension, 2017) อภิปรายได้ว่าแนวทางการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์เพื่อการรับรองตามมาตรฐานเป็นไปในทิศทางเดียวกับแผนยุทธศาสตร์กรมส่งเสริมการเกษตร ระยะ 20 ปี และเป็นการนำระบบส่งเสริมการเกษตร (T & V System) มาใช้ในการส่งเสริมการเกษตรให้ได้แนวทางการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์เพื่อการรับรองตามมาตรฐานเพื่อนำไปพัฒนาการผลิตข้าวอินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพตามที่กลุ่มเกษตรกรตัวอย่างจากการสนทนากลุ่ม (Focus group) เห็นด้วยกับแนวทางการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์เพื่อการรับรองตามมาตรฐานทั้ง 4 แนวทางโดยมีประเด็นในระดับมากที่สุด คือ การส่งเสริมการผลิตปุ๋ยหมักและสารชีวภัณฑ์แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรให้ความสำคัญต่อการใช้ปัจจัยการผลิตที่สามารถผลิตได้เอง ลดการพึ่งพาปัจจัยการผลิตจากภายนอกที่นับวันจะมีราคาที่สูงขึ้นเรื่อยๆ จึงเป็นการลดต้นทุนการผลิต อีกทั้งยังสามารถสร้าง

รายได้จากการผลิตปุ๋ยหมัก และสารชีวภัณฑ์เพื่อให้บริการจำหน่ายให้กับสมาชิกหรือเกษตรกรในกลุ่มและเกษตรกรในพื้นที่ใกล้เคียงที่มีความต้องการผลิตข้าวอินทรีย์อีกด้วย

สรุป

การศึกษาวิจัยการผลิตข้าวอินทรีย์ของเกษตรกรในอำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม ทำให้ทราบถึงความรู้และการปฏิบัติตามมาตรฐานระบบการผลิตข้าวอินทรีย์ของกลุ่มเกษตรกร ปัญหา และข้อเสนอการผลิตข้าวอินทรีย์ และความต้องการของเกษตรกรและแนวทางการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์เพื่อการรับรองตามมาตรฐานเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญให้เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้นำไปใช้ประกอบการตัดสินใจในการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์ในพื้นที่ และเป็นแนวทางในการส่งเสริมและพัฒนาขับเคลื่อนงานด้านเกษตรอินทรีย์ให้มีประสิทธิภาพและได้รับการรับรองตามมาตรฐานระบบการผลิตข้าวอินทรีย์ทั้งในปัจจุบัน และอนาคตผลจากการศึกษาวิจัยสรุปได้ดังนี้

1) สรุปผลความรู้และการปฏิบัติตามมาตรฐานระบบการผลิตข้าวอินทรีย์ของกลุ่มเกษตรกร ความรู้ตามมาตรฐานระบบการผลิตข้าวอินทรีย์ของเกษตรกรมีผลต่อการปฏิบัติตามมาตรฐานระบบการผลิตข้าวอินทรีย์ แนวทางการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์จึงควรเสริมสร้างการรับรู้ข้อมูลข่าวสาร และประชาสัมพันธ์องค์ความรู้ด้านการผลิตข้าวอินทรีย์

2) สรุปผลปัญหาและข้อเสนอการผลิตข้าวอินทรีย์ เกษตรกรมีปัญหาในการผลิตข้าวอินทรีย์เพื่อการรับรอง 2 ด้าน ได้แก่ ด้านการจดบันทึกและการจัดเก็บข้อมูล และด้านการจัดการดินและปุ๋ย แนวทางการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์ ดังนี้

- เสริมสร้างความรู้การผลิตข้าวอินทรีย์เพื่อการรับรองตามมาตรฐานระบบการผลิตข้าวอินทรีย์
- ส่งเสริมการผลิตปุ๋ยหมักและสารชีวภัณฑ์

3) สรุปผลความต้องการของเกษตรกรและแนวทางการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์เพื่อการรับรองตามมาตรฐาน เกษตรกรมีความต้องการการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์เพื่อการรับรองตามมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ ด้านการติดตามประเมินผล (ค่าเฉลี่ย = 4.19) แนวทางการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์จึงควรมีเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรติดตาม และประเมินผลการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์เพื่อการรับรองตามมาตรฐานอย่างใกล้ชิด และสม่ำเสมอ

ข้อเสนอแนะ

การผลิตข้าวอินทรีย์โดยทั่วไปนั้นเกษตรกรมีความรู้ และความเข้าใจในระดับมากที่สุดแต่การจะผลิตข้าวอินทรีย์เพื่อการรับรองตามมาตรฐานนั้นนอกจากจะมีความรู้เกี่ยวกับการผลิตข้าวอินทรีย์แล้วยังจะต้องมีความรู้ด้านมาตรฐานระบบการผลิตข้าวอินทรีย์ และการปฏิบัติตามมาตรฐานควบคู่กันไปด้วยแต่ที่ส่วนสำคัญที่เป็นปัญหาสำหรับเกษตรกรที่จะผลิตข้าวอินทรีย์เพื่อการรับรองตามมาตรฐาน คือ ประเด็นปัญหาด้านการจดบันทึกและการจัดเก็บข้อมูลซึ่งเกษตรกรยังขาดความเข้าใจเกี่ยวกับแบบบันทึกข้อมูลส่วนนี้เป็นส่วนสำคัญในการขอการรับรองมาตรฐานการผลิตข้าวอินทรีย์ ฉะนั้นเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรในพื้นที่และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรมีการจัดอบรมเรื่องการผลิตข้าวอินทรีย์ มาตรฐานระบบการผลิตข้าวอินทรีย์และติดตามให้คำแนะนำเกษตรกรด้านการจดบันทึกอย่างใกล้ชิด ต่อเนื่อง และสม่ำเสมอ โดยมีการลงพื้นที่ตรวจสอบประเมินเบื้องต้นแปลงปลูกของเกษตรกรพร้อมทั้งให้คำแนะนำในกรณีที่มีข้อบกพร่องที่ไม่เป็นไปตามมาตรฐานระบบการผลิตข้าวอินทรีย์ ซึ่งเกษตรกรจะสามารถปรับปรุงแก้ไขได้และพัฒนาไปสู่การได้รับการรับรองมาตรฐานและสนับสนุนการตรวจวิเคราะห์ดินเพื่อหาสารกำจัดศัตรูพืชที่มีพิษสูงและโลหะหนักตกค้างในแปลงปลูกของเกษตรกรซึ่งเป็นการยืนยันถึงความเป็นเกษตรอินทรีย์ได้อย่างชัดเจนที่สุด

เอกสารอ้างอิง

- Agricultural Production Science Research and Development Division. (2021). **Technology Roadmap of the Thai rice industry “Jasmine rice”**. Bangkok: Printable. (In Thai)
- Borabue District Agricultural Extension Office. (2022). **Borabue District Agricultural Development Plan, Mahasakham Province (2023 – 2027) Revision Edition of 2022** (Research Report). Mahasakham, Thailand: Borabue District Agricultural Extension Office. (In Thai)
- Department of Agricultural Extension. (2017). **Agricultural Extension System (T & V System)**. Bangkok: Department of Agricultural Extension. (In Thai)
- Department of Agricultural Extension. (2023). **20 Year Agricultural Extension Strategic Plan (2017-2036) and 5 Year Operational Plan (2017-2022)**. Bangkok: New Thammasat Press (Thailand) Co., Ltd. (In Thai)
- Department of Foreign Trade. (2023). **Thai Hom Mali Rice Commodity Standard for Export Statistics**. Retrieved from <http://www.dft.go.th/Portals> [2023, 9 Jul.]
- Horrungsiwat, S, & Therdthai, N. (2013). **Effect of Cooking Methods on Quality of Jasmine Rice**. (Proceedings of 53rd Kasetsart University Annual Conference). Bangkok, Thailand: Kasetsart University. (In Thai)
- Jaensirisak, S., Khunthongjan, S., Sophapon, S., & Ngeoywijit, S. (2013). The Study of context community in terms of calculation of the cost of production for organic rice in Ubon Ratchathani province. **Humanity and Social Science Journal Ubon Ratchathani University**, 4(1), 106-124. (In Thai)
- Kanjana, K. (2021). **Cost Return Analysis of Rice Production Transformation to Organic Standard in NakhonRatchasima Province**. (Master of Science (Agribusiness)). Kasetsart University, Bangkok. (In Thai)
- National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards. (2018). **Thai Agricultural Standard**. Retrieved from https://www.acfs.go.th/files/files/commodity-standard/20190609001750_339256.pdf [2023, 9 Jul.]
- Poovarodom, S., Paiboon, P., Chuennakorn, P., & Yingjajaval, S. (2020). Transforming Modern Rice Production, Increasing Productivity of Hom Mali rice in Thung Kula Rong Hai. **Agricultural Biotechnology News**, 12(4), 3-6. (In Thai)
- Rice Department. (2017). **Project to Extension Organic Rice Production in 2017**. Retrieved from http://123.242.173.131/pathumthani_news/attach_file/img229.pdf [2023, 9 Jul.]
- Saenpradit, C. (2019). **Extension of Production and Adding Value of Organic Rice of Farmers in Thawatchaburi District, Roi Et Province**. (Master of Agriculture (Agricultural Extension)). Sukhothai Thammathirat Open University, Nonthaburi. (In Thai)
- Wongsa, K. (2021). **Rice Cultivation Practice According to Organic Agriculture Standards of Farmers in Muang District, Chiang Rai Province**. (Master of Science in Resources Development and Agricultural Extension). Maejo University, Chiang Mai. (In Thai)

แชทบอทอัจฉริยะให้คำปรึกษาทางการเรียน กรณีศึกษา ศูนย์ให้คำปรึกษา
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
THE ARTIFICIAL INTELLIGENCE CHATBOT EDUCATIONAL CONSULTING:
A CASE STUDY OF THE FACULTY STUDENTS SRIPATUM UNIVERSITY

พิรพัฒน์ จันทร์*

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม กรุงเทพมหานคร 10900

Pirapat Chantron*

Faculty of Information Technology, Sripatum University, Bangkok 10900

*Email: pirapat.ch@spu.ac.th

Received: 2024-01-22

Revised: 2024-04-20

Accepted: 2024-05-03

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ (1) เพื่อพัฒนาระบบแชทบอทอัจฉริยะให้คำปรึกษาทางการเรียน และพัฒนาระบบเรียนรู้ของเครื่องจักร (2) เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบแชทบอทอัจฉริยะ และ (3) เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบแชทบอทอัจฉริยะ การพัฒนาระบบแชทบอทอัจฉริยะในงานวิจัยนี้ผ่านโปรแกรมไลน์ที่เชื่อมต่อกับฐานข้อมูลคำถาม-คำตอบในโปรแกรมกูเกิลชีตด้วยภาษาแอปสคริปต์ เจสสัน และไพทอน ระบบจะเรียนรู้ข้อความด้วยรูปแบบการเรียนรู้ของเครื่องจักรแบบเลือกเฉพาะส่วนของประโยคคำถามที่ให้ความสนใจเรียนรู้ (Sequence to Sequence Model) และแสดงผลด้วยข้อความกลับไป ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านพบว่าผลการประเมินโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.44$, $SD = 0.51$) และผลประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบจากกลุ่มตัวอย่าง 200 คน ด้วยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ที่เป็นอาจารย์หรือเจ้าหน้าที่ดูแลแต่ละฝ่ายจำนวน 10 คน และนักศึกษา 190 คน พบว่าความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในเกณฑ์ระดับมาก ($\bar{x} = 4.04$, $SD = 0.85$) สิ่งที่ค้นพบในงานวิจัยนี้คือการนำโมเดลการเรียนรู้ของเครื่องจักรแบบเลือกเฉพาะส่วนของประโยคคำถามที่ให้ความสนใจเรียนรู้จากการเรียนรู้จากชุดข้อมูลคำถาม-คำตอบ จำนวน 500 คำถามที่ผ่านการตรวจสอบความสมบูรณ์ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพและลดระยะเวลาให้บริการของเจ้าหน้าที่ทางศูนย์ให้คำปรึกษาได้

คำสำคัญ: แชทบอทอัจฉริยะ การให้คำปรึกษาทางการเรียน การเรียนรู้ของเครื่องจักร

ABSTRACT

The objectives of this research are (1) to develop an intelligent chatbot system for academic consultation and to enhance machine learning capabilities (2) to evaluate the effectiveness of the intelligent chatbot system and (3) to assess user satisfaction with the intelligent chatbot system. In this research, the development of the intelligent chatbot system is carried out through LINE programming connected to a question-answer database in Google Sheets. Using Jason and Python scripting app languages, the system learns questions using a Sequence to Sequence Model, focusing

on specific parts of the question sentence that are of interest for learning. The system then provides responses accordingly. The performance evaluation of the system by three experts found that the overall assessment was at a high level ($\bar{x} = 4.44$, $SD = 0.51$). Additionally, the satisfaction assessment from a purposive sample of 200 participants, including 10 faculty or staff members and 190 students, revealed that overall satisfaction was at a high level ($\bar{x} = 4.04$, $SD = 0.85$). The findings of this research include the utilization of a selective learning machine model focusing on parts of question sentences of interest, learned from a dataset of 500 question-answer pairs. This has resulted in increased efficiency and reduced response time for consultation services provided by center staff.

Keywords: Intelligent Chatbot, Consulting in Teaching and Learning, Machine Learning

บทนำ

ปัจจุบันคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม มีศูนย์ให้คำปรึกษาทางการเรียนการสอนแก่นักศึกษาด้วยสถานการณ์โควิดที่ผ่านมาทำให้นักศึกษาของคณะมีการสอบถามมาที่ศูนย์ให้คำปรึกษามีจำนวนมากขึ้นเป็นเท่าตัวทำให้เจ้าหน้าที่ให้คำปรึกษาไม่สามารถให้บริการได้ทั่วถึงและมีประสิทธิภาพ ดังนั้นเพื่อควมมีประสิทธิภาพในการให้บริการการให้คำปรึกษาแก่นักศึกษาของคณะวิชาของมหาวิทยาลัยศรีปทุม และรูปแบบการสื่อสารผ่านสังคมออนไลน์เป็นสิ่งจำเป็นในสถานศึกษาอย่างมาก การพัฒนาตอบคำถามอัจฉริยะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการให้บริการของทางศูนย์ให้คำปรึกษาให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น ระบบแชทบอทอัจฉริยะให้คำปรึกษาทางการเรียนผ่านรูปแบบการสื่อสารออนไลน์จะทำให้สามารถตอบสนองได้ทั่วถึงและรวดเร็ว ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวทางที่จะพัฒนาระบบแชทบอทอัจฉริยะให้คำปรึกษาทางการเรียนขึ้น เพื่อให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการของศูนย์ให้คำปรึกษาทางการเรียนการสอนของมหาวิทยาลัย กรณีที่เป็นคำถามหรือปัญหาที่ทางเจ้าหน้าที่หรืออาจารย์ได้เคยตอบไปแล้วหรือให้คำปรึกษาไปแล้วกับนักศึกษาคนอื่น ๆ ก่อนหน้านี้ระบบจะนำมาตอบให้กับนักศึกษาผู้ชักถามทันทีแต่ถ้าเป็นคำถามที่ไม่เคยถามมาก่อนระบบจะเรียนรู้เพื่อหาคำตอบเหล่านั้นจากการเปรียบเทียบข้อมูลคำถามก่อนที่มีอยู่ในระบบฐานข้อมูล ทั้งนี้เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพและรวดเร็วรวมถึงการสร้างความพึงพอใจให้แก่ผู้บริการด้วย

Busabok et al. (2020) ได้กล่าวว่าจากแนวคิดพัฒนาระบบแชทบอทอัจฉริยะให้คำปรึกษาทางการเรียนผ่านรูปแบบการสื่อสารออนไลน์ด้วยโปรแกรมไลน์ (Line) ให้สามารถตอบคำถามของนักศึกษาได้อย่างอัตโนมัติ (Robot Chat Automation) โดยการดึงข้อมูลคำถามที่ถูกจัดเก็บไว้ในระบบฐานข้อมูลด้วยโปรแกรมกูเกิลชีต (Google Sheets) และเขียนโปรแกรมแอปสคริปต์ (App Script) เจสัน (JSON) เพื่อเชื่อมต่อระหว่างโปรแกรมไลน์และกูเกิลชีต และมีการสร้างกลไกการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) เพื่อรองรับข้อคำถามที่เกิดขึ้นใหม่ ๆ ด้วยภาษาไพทอน (Python) ผลที่คาดว่าจะได้รับจากระบบนี้จะสามารถสร้างประสิทธิภาพการให้บริการของทางศูนย์ให้คำปรึกษาทางการศึกษา และสามารถสร้างความพึงพอใจให้กับผู้ใช้บริการได้มากยิ่งขึ้น

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดพัฒนาระบบแชทบอทอัจฉริยะให้คำปรึกษาทางการเรียนผ่านรูปแบบการสื่อสารออนไลน์ด้วยโปรแกรมไลน์เพื่อให้ระบบสามารถตอบคำถามของนักศึกษาได้อย่างอัตโนมัติด้วยการดึงข้อมูลคำถามที่ถูกจัดเก็บไว้ในระบบฐานข้อมูลด้วยโปรแกรมกูเกิลชีตและมีการสร้างกลไกการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อรองรับข้อคำถามที่เกิดขึ้นใหม่ ๆ ผลที่คาดว่าจะได้รับจากระบบนี้จะสามารถสร้างประสิทธิภาพการให้บริการของทางศูนย์ให้คำปรึกษาทางการศึกษา และสามารถสร้างความพึงพอใจให้กับผู้ใช้บริการได้มากยิ่งขึ้น

วิธีการ

ในการดำเนินการวิจัยเริ่มจากผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูล เพื่อใช้ในการออกแบบ และพัฒนาระบบ แอปพลิเคชันให้คำปรึกษาทางการเรียน ได้กำหนดวิธีการดำเนินการวิจัยเป็น 3 ระยะ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ระยะที่ 1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วยอัลกอริทึมในการโต้ตอบข้อความระหว่างผู้ใช้กับฐานข้อมูลผ่านโปรแกรมกูเกิลชีท และอัลกอริทึมสอนให้แอปพลิเคชันรู้คำถามที่ถูกป้อนข้อมูลในหน้าต่าง ๆ โปรแกรมไลน์

ระยะที่ 2 เป็นกระบวนการวิจัย ประกอบด้วยการสร้างเครื่องมือแบบสอบถามโดยผ่านหาความสอดคล้องและความเชื่อมั่นจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านที่มีค่าความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม (IOC) มากกว่าหรือเท่ากับ 0.8 เพื่อใช้เก็บข้อมูลจากการสอบถามอาจารย์ และเจ้าหน้าที่ให้คำปรึกษาทางการศึกษา

ระยะที่ 3 เป็นการพัฒนาระบบแอปพลิเคชันให้คำปรึกษาทางการเรียน และทดลองใช้เพื่อประเมินประสิทธิภาพผู้ใช้งานระบบแอปพลิเคชันให้คำปรึกษาที่พัฒนาขึ้น โดยแบ่งขั้นตอนการพัฒนาระบบแอปพลิเคชันให้คำปรึกษาทางการเรียน ได้ดังนี้ 1) ขั้นตอนออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ด้วยริชเมนูด้วยโปรแกรมไลน์ดีเวลลอปเปอร์ 2) ขั้นตอนการนำข้อมูลคำถาม-คำตอบที่ผ่านมานำมาเก็บไว้ในฐานข้อมูลคำถาม-คำตอบด้วยโปรแกรมกูเกิลชีท 3) ขั้นตอนการกำหนดเส้นทางของการโต้ตอบผ่านโปรแกรมไดอะล็อกฟลอร์ และ 4) ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมภาษาสคริปต์เพื่อรองรับการเรียนรู้ของเครื่องด้วยภาษาแอปสคริปต์ ภาษาเจสัน และภาษาไพทอน (Ahmad et al., 2018)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในงานวิจัยนี้ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญ และกลุ่มผู้ใช้งานที่ลงทะเบียนเรียนภายในคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม วิทยาเขตบางเขน และกลุ่มผู้ใช้ที่เป็นสมาชิกไลน์แอดเคาท์ของทางมหาวิทยาลัยศรีปทุม โดยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลความต้องการของผู้ใช้ระบบ ทดสอบประสิทธิภาพของระบบจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน และประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบแอปพลิเคชันให้คำปรึกษาทางการเรียนด้วยแบบสอบถามปลายปิดจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอาจารย์จำนวน 5 คน เจ้าหน้าที่ดูแลแต่ละฝ่ายจำนวน 5 คน และนักศึกษาจำนวน 190 คน รวมทั้งหมด 200 คน ด้วยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยเลือกจาก อาจารย์ เจ้าหน้าที่ และนักศึกษาที่มีประสบการณ์ในการใช้บริการให้คำปรึกษาของทางคณะที่ผ่านมาแล้ว

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

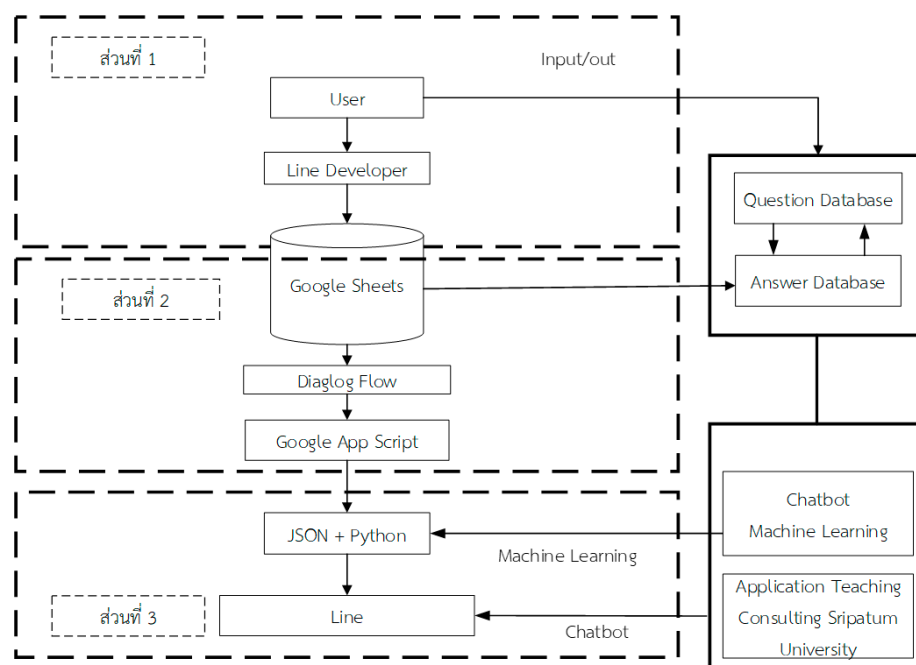
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยนี้ ได้แก่ (1) แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างเพื่อเก็บความต้องการของผู้ใช้งานระบบ (2) แบบสอบถามเพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ และประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ แบ่งข้อคำถามออกเป็น 2 ตอน ประกอบด้วย ตอนที่ 1 สอบถามข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม และตอนที่ 2 สอบถามด้านประสิทธิภาพของระบบ/ความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบ โดยใช้มาตราส่วนการวัดด้วยค่าประมาณค่า (Rating scale) ตามวิธีการของลิเคิร์ท (Likert's Scale) (Phiboon, 2003) แบ่งออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ ระดับมากที่สุด (ช่วงคะแนน 4.51–5.00) ระดับมาก (ช่วงคะแนน 3.51–4.50) ระดับปานกลาง (ช่วงคะแนน 2.51–3.50) ระดับน้อย (ช่วงคะแนน 1.51–2.50) และระดับน้อยที่สุด (ช่วงคะแนน 1.00 –1.50)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยแบ่งการเก็บรวบรวมข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ 1) ส่วนของการรวบรวมข้อมูลสำหรับการพัฒนาระบบ ประกอบด้วย (1) ส่วนของการเก็บข้อมูลคำถาม-คำตอบที่เคยใช้ถามและตอบในอดีตมาดำเนินการคัดแยกตามคำถามออกเป็นประเภท 4 ประเภท ได้แก่ ด้านลงทะเบียน ด้านการเงิน ด้านกิจกรรม และด้านวิชาการ และ (2) ส่วนของข้อมูลความต้องการของผู้ใช้ระบบด้วยเครื่องมือการวิจัยแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง และ 2) ส่วนของข้อมูลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบจากผู้เชี่ยวชาญ และข้อมูลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ ด้วยเครื่องมือการวิจัยแบบสอบถามที่เก็บจากกลุ่มตัวอย่างที่ได้กำหนดไว้ในงานวิจัยนี้

ออกแบบและพัฒนาระบบ

ขั้นตอนการออกแบบระบบผู้วิจัยได้นำข้อมูลความต้องการของผู้ใช้ที่ได้เก็บรวบรวมมาได้ในขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลในส่วนของการออกแบบและพัฒนาระบบมาดำเนินการออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบแบบ 2 เทียร์ (2 Tier Architecture) (Sungsri et al., 2021) ออกเป็น 3 ส่วนประกอบ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 สถาปัตยกรรมระบบแชทบอทอัจฉริยะให้คำปรึกษา

จากภาพที่ 1 สถาปัตยกรรมระบบแชทบอทอัจฉริยะให้คำปรึกษา ในที่นี้ส่วนที่ 1 หมายถึง เจ้าหน้าที่ อาจารย์ และนักศึกษา คือผู้ใช้ระบบเข้าระบบผ่านโปรแกรมไลน์ ส่วนที่ 2 หมายถึง ฐานข้อมูลคำถาม-คำตอบที่เก็บไว้ในโปรแกรมกูเกิลชีทเพื่อใช้ส่งข้อมูลตามเส้นทางที่ได้ออกแบบไว้ด้วยโปรแกรมไดอะล็อกโฟลว์ และเขียนโปรแกรมด้วยภาษาแอปสคริปต์ และภาษาไพทอน สำหรับขั้นตอนพัฒนาระบบเป็นการเขียนโปรแกรมเพื่อประยุกต์ใช้หลักการเรียนรู้ของเครื่องจักรแบบลำดับสู่ลำดับ ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

- (1) ขั้นตอนการเตรียมข้อมูล เป็นการเตรียมชุดคำถาม-คำตอบทำใช้สอนเครื่องจักรเรียนรู้
- (2) ขั้นตอนสร้างโมเดลซีควเ็นซ์ทูซีควเ็นซ์ (Sequence to Sequence Model) ด้วยการสร้างชุดการเรียนรู้ข้อมูลต้นทาง และปลายทางด้วยการเลือกคำที่สนใจ ผลที่ได้จากดำเนินงานในขั้นตอนนี้สามารถลดความซ้ำซ้อนของคำถาม – คำตอบจาก 5,000 คำถาม-คำตอบให้เหลือจำนวนเพียง 500 คำถาม-คำตอบ และทั้ง 500 คำถามสามารถใช้ตอบคำถามของนักศึกษาได้อย่างสมบูรณ์
- (3) ขั้นตอนการสอนการเรียนรู้ให้กับเครื่องจักรด้วยโมเดลการเรียนรู้ของเครื่องแบบเลือกเฉพาะส่วนของประโยคคำถามที่ให้ความสนใจเรียนรู้ (Sequence to Sequence Model) ด้วยชุดข้อมูลคำถาม-คำตอบที่จัดเก็บไว้ 500 คำถาม-คำตอบในฐานข้อมูลโปรแกรมกูเกิลชีท ดังภาพที่ 2

answer_chatbot2

File Edit View Insert Format Data Tools Extensions Help

100% 8 % 0.00 123 Times ... 16 + B I A

A1 question

	A	B
1	question	answer
2	จ่ายค่าเทอมต้องไปไหนหาเสียหรือป่าวคะ	สามารถปรับใบเสร็จจากระบบ SCMS จากนั้นนำไปชำระที่ธนาคาร หรือ CounterService ครับ หรือสะดวกเข้ามาชำระที่มหาวิทยาลัยก็ได้ครับ
3	ถ้าธนาคารโอนจ่ายแล้วใบเสร็จต้องไปเอาที่ไหนหออคะ	ฝ่ายการคลัง อาคาร 1 ชั้น L ครับ
4	ยื่นคำร้องขอคืนส่วนลดค่าบำรุงรักษาได้ที่ Line ใข่ใหม่คะ	ยื่นคำร้องผ่านระบบ SCMS ครับ
5	ค่าเทอมซัมเมอร์ไปจ่ายที่ม. ได้ใหมคะ	ได้ครับ
6	ขอสอบถามเรื่องเช็ครายชื่อผ่อนผันวันที่เท่าไรหออครับ	เคยทำเรื่องผ่อนผันทหารหรือยังครับ ถ้าเคยรายชื่อเดิมยังอยู่ ถ้าไม่เคยทำต้องมาทำบัญชีรายชื่อใหม่ที่ฝ่ายกิจการนักศึกษา อาคาร 6 ชั้น 5 ครับ
7	ถ้าครอบเรียนยังสามารถทำเรื่องผ่อนผันได้ใหมครับ	เคยทำเรื่องผ่อนผันมาหรือยังครับ ถ้ายังครอบอยู่ทำไม่ได้ ต้องมารักษาสถานภาพนักศึกษาผ่านระบบ SCMS ก่อนครับ
8	ยื่นเอกสารผ่อนผันทหารได้ช่วงเวลาไหนครับ	ตั้งแต่เวลา 9.00-16.00 น. วันจันทร์ - วันศุกร์ ครับ
9	สอบถามเรื่องรถ ครับ	เรียน สมักร หรืออื่นๆ ครับ หากมีข้อสงสัย ติดต่ออาจารย์เฉลิมชัย สิ้นธอารีย์
10	ถ้าอย่างปี้ที่แล้วยื่นเรื่องผ่อนผันทหารแล้วปี้นี้ ต้องทำไรใหมครับ	ไปรายงานตัวตามใบ สด35 กำหนด ที่อำเภอเหมือนปี้ที่แล้วครับ
11	ผ่อนผันทหารได้ตอนไหนหออครับ	ก่อนวันที่ 20 ธันวาคม 2565 ครับ
12		

+ ≡ ลงทะเบียน การเงิน กิจการ วิชาการ Log

ภาพที่ 2 ตัวอย่างคำถาม-คำตอบที่ถูกจัดเก็บไว้ในโปรแกรมกูเกิลชีท

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติในงานวิจัยนี้ ประกอบด้วยการวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา (Description statistics) ด้วยการวัดค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) โดยใช้เกณฑ์คะแนนในการแปลความหมายแบ่งออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ ระดับมากที่สุด (ช่วงคะแนน 4.51–5.00) ระดับมาก (ช่วงคะแนน 3.51–4.50) ระดับปานกลาง (ช่วงคะแนน 2.51–3.50) ระดับน้อย (ช่วงคะแนน 1.51–2.50) และ ระดับน้อยที่สุด (ช่วงคะแนน 1.00–1.50) เพื่อใช้ในการบรรยายข้อมูล (Phiboon, 2003)

ผลการทดลองและวิจารณ์

สรุปผลการวิจัย ประกอบด้วย ผลการพัฒนาระบบแชทบอทอัจฉริยะให้คำปรึกษาทางการเรียน ผลการประเมินความพึงพอใจต่อระบบแชทบอทอัจฉริยะให้คำปรึกษาทางการเรียน

ผลการพัฒนาระบบแชทบอทอัจฉริยะให้คำปรึกษาทางการเรียน

สำหรับผลการพัฒนาเริ่มจากการเพิ่มเข้าเป็นสมาชิกกลุ่มโดยแสดงคิวอาร์โค้ด (QR-Code) ภาพที่ 3



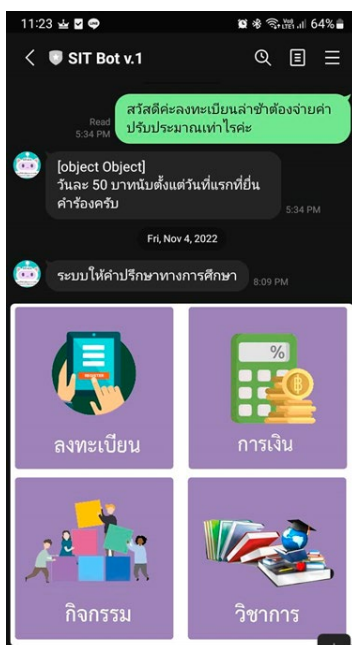
(ก)



(ข)

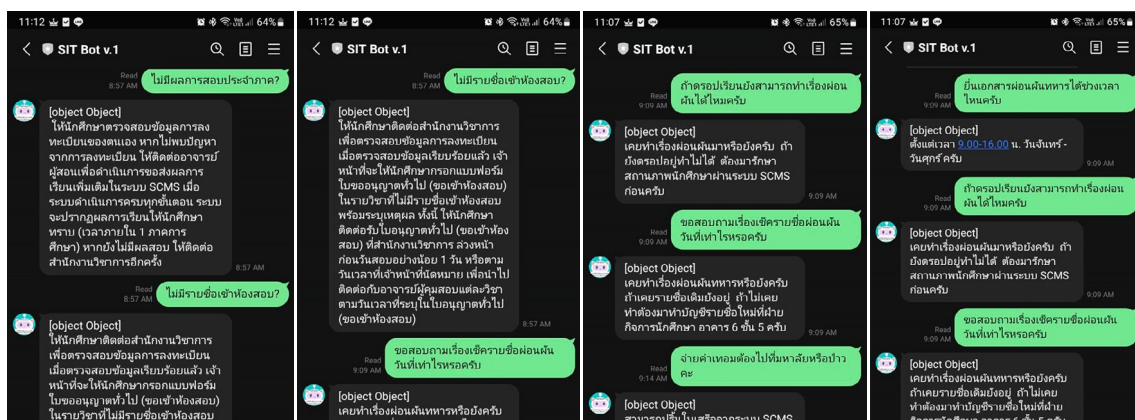
ภาพที่ 3 คิวอาร์โค้ดเพื่อเข้าระบบแชทบอทอัจฉริยะ (ก) คิวอาร์โค้ด (ข) ไอคอนระบบแชทบอทอัจฉริยะ

เมื่อเข้าสู่ระบบให้คำปรึกษาแล้วจะพบหน้าแรกของระบบที่ได้แบ่งกลุ่มของการให้คำปรึกษาไว้ 4 ด้าน ได้แก่ ด้านลงทะเบียน ด้านการเงิน ด้านกิจกรรม และด้านวิชาการ ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 หน้าจอเมนูของระบบ

ผลการสร้างริชเมนูเมื่อผู้ใช้งานคลิกเข้าไปตามแต่ละริชเมนูเพื่อถามคำถามแต่ละรายการก็จะได้ผลลัพธ์ดังภาพที่ 5



(ก)

(ข)

(ค)

(ง)

ภาพที่ 5 หน้าจอแต่ละริชเมนูของระบบ (ก) ด้านทะเบียน (ข) ด้านการเงิน (ค) ด้านกิจกรรม (ง) ด้านวิชาการ

ผลการประเมินประสิทธิภาพจากผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อระบบแชทบอทอัจฉริยะ

ผลการประเมินประสิทธิภาพแอปพลิเคชันแชทบอทได้ตอบอัตโนมัติเพื่อการให้คำปรึกษาทางการเรียน กรณีศึกษา ศูนย์ให้คำปรึกษา คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุมจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพแอปพลิเคชันแชทบอทโต้ตอบอัตโนมัติ

ข้อคำถาม	$\bar{X}$	SD	แปลผล
ความสะดวกในการเรียกใช้งานระบบ	4.67	0.58	มากที่สุด
ความเร็วในการตอบคำถาม	4.33	0.47	มาก
ความเร็วในการตอบแสดงผลหน้าจอ	4.33	0.47	มาก
รวมผลการประเมินประสิทธิภาพ	4.44	0.51	มาก

จากตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ผลการประเมินประสิทธิภาพแอปพลิเคชันแชทบอทโต้ตอบอัตโนมัติ พบว่าโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.44$, $SD = 0.51$) ประกอบด้วยด้านความสะดวกในการเรียกใช้งานระบบอยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.67$, $SD = 0.58$) ด้านความเร็วในการตอบคำถาม อยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.33$, $SD = 0.47$) และความเร็วในการตอบแสดงผลหน้าจอ อยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.33$, $SD = 0.47$)

ผลการประเมินความพึงพอใจต่อระบบแชทบอทอัจฉริยะให้คำปรึกษาทางการเรียน

ผลการทดลองใช้งาน และประเมินความพึงพอใจที่มีต่อระบบแชทบอทอัจฉริยะให้คำปรึกษาทางการเรียน กรณีศึกษาคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม จากกลุ่มตัวอย่างที่กำหนดไว้ในงานวิจัยนี้ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบแชทบอทอัจฉริยะให้คำปรึกษาทางการเรียน

ข้อคำถาม	$\bar{X}$	SD	แปลผล
ด้านตรงตามความต้องการ			
ความสามารถของระบบในการตอบคำถาม	4.00	0.90	มาก
ความสามารถของระบบในการนำเสนอข้อมูล	4.06	0.80	มาก
ความสามารถของระบบในการตอบคำถามถูกต้อง	4.01	0.92	มาก
รวมด้านตรงตามความต้องการ	4.02	0.87	มาก
ด้านการรับรู้ความง่าย			
ความเหมาะสมในการออกแบบหน้าจอ	4.02	0.85	มาก
ความชัดเจนของข้อความที่แสดงบนจอภาพ	4.04	0.82	มาก
ความง่ายในการเรียกใช้งานระบบ	4.12	0.81	มาก
รวมด้านการรับรู้ความง่าย	4.06	0.82	มาก
รวมทุกด้าน	4.04	0.85	มาก

จากตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบแชทบอทอัจฉริยะให้คำปรึกษาทางการเรียน กรณีศึกษา คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม พบว่าความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในเกณฑ์ระดับมาก ($\bar{x} = 4.04$, $SD = 0.85$) ในด้านตรงตามความต้องการอยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.02$, $SD = 0.87$) และด้านการรับรู้ความง่ายอยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.06$, $SD = 0.82$)

กล่าวโดยสรุปพบว่าผลการวิเคราะห์ผลการประเมินประสิทธิภาพแอปพลิเคชันแชทบอทโต้ตอบอัตโนมัติ พบว่าโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.44$, $SD = 0.51$) ประกอบด้วยด้านความสะดวกในการเรียกใช้งานระบบอยู่ในระดับมาก

($\bar{x} = 4.67$, $SD = 0.58$) ด้านความเร็วในการตอบคำถามอยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.33$, $SD = 0.47$) และความเร็วในการตอบแสดงผลหน้าจอยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.33$, $SD = 0.47$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยแนวทางการพัฒนาต้นแบบแชทบอทสำหรับให้คำแนะนำ ระบบกองทุนอุดหนุนการวิจัย งบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม (Bushhuatchai, 2017) ที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการและสามารถลดระยะเวลาการคำแนะนำของผู้ใช้ระบบอุดหนุนการวิจัยได้ และผลประเมินความพึงพอใจในการใช้งานพบว่าผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบแชทบอทอัจฉริยะให้คำปรึกษาทางการเรียน วิทยาลัยอาชีวศึกษาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม พบว่าความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในเกณฑ์ระดับมาก ($\bar{x} = 4.04$, $SD = 0.85$) ในด้านตรงตามความต้องการอยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.02$, $SD = 0.87$) และด้านการรับรู้ความง่ายอยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.06$, $SD = 0.82$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการออกแบบระบบแชทบอท และการศึกษาใช้งานแชทบอทเพื่อเพิ่มกิจกรรมทางการ (Larbi et al., 2021) ที่มีการวัดผลความพึงพอใจในด้านภาพรวมของความพึงพอใจในการใช้งานระบบ ด้านความตรงตามต้องการ และด้านการรับรู้ความง่าย การวิจารณ์ผลการดำเนินงานวิจัยนี้พบว่าด้วยการสอนเครื่องจักรเรียนรู้ด้วยการเรียนแบบเลือกเฉพาะส่วนของประโยคคำถามที่ให้ความสนใจเรียนรู้แล้วยังมีคำตอบที่ได้จากระบบแชทบอทที่ตอบคำถามไม่ตรงคำถามหรือตอบด้วยคำตอบ “ไม่เข้าใจคำถาม” ซึ่งสอดคล้องกับของเสนอแผนงานวิจัยการพัฒนาแอปพลิเคชันแชทบอทสำหรับงานบริการนักศึกษา วิทยาลัยอาชีวศึกษานักศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิในการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานควรมีการนำเทคโนโลยี AI เข้ามาประยุกต์ใช้งาน (Busabok et al., 2020)

สรุป

ผลการพัฒนาระบบแชทบอทอัจฉริยะให้คำปรึกษาทางการเรียน วิทยาลัยอาชีวศึกษาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุมที่ได้จากงานวิจัยนี้มีการเขียนโปรแกรมภาษาแอปสคลิปต์เพื่อเชื่อมต่อระหว่างโปรแกรมไลน์กับฐานข้อมูลบนโปรแกรมกูเกิลชีทที่ใช้สำหรับการเก็บข้อมูลคำถามของนักศึกษาที่พบข้อสงสัย และคำตอบจากหน่วยงานที่ได้ตอบนักศึกษาไว้ก่อนหน้าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการ และสามารถลดระยะเวลาการตอบคำถามของเจ้าหน้าที่ทางศูนย์ให้คำปรึกษาแก่นักศึกษามหาวิทยาลัยศรีปทุมได้อย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยที่ได้จากงานวิจัยนี้ไปพัฒนาต่อยอดควรหาอัลกอริทึมที่สามารถสอนให้เครื่องจักรเรียนรู้ และตอบสนองผู้ใช้งานได้อย่างรวดเร็วโดยเพิ่มเติมวิธีการสอนให้เครื่องจักรเรียนรู้ได้หลากหลายวิธีการ

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณทางมหาวิทยาลัยศรีปทุมที่ให้ทุนสนับสนุนในการดำเนินการวิจัย และการให้คำปรึกษา และให้ความอนุเคราะห์ทางด้านข้อมูล อีกทั้งคอยให้คำแนะนำเสมอมาจนงานวิจัยได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- Ahmad, N., CheHamids, M., Zainal, A., Rauf, M., & Adnan, Z. (2018). Review of chatbots design techniques. **International Journal of Computer Applications**, 181(8), 7-10.
- Busabok, S., Petchphong, N., & Singtokaew, C. (2020). Chatbot application development for Student services. A case study of Student Development Division. Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi. **Research Journal Rajamangala University of Technology Thanyaburi**, 19(2), 85-94. (in Thai)
- Bushhuatchai, J. (2017). **The evelopment of Chatbot prototype for guidance on a research Government budget system**. The 9th NPRU National Academic Conference Nakhon Pathom Rajabhat University (1906-1913). Nakhon Pathom, Thailand. (in Thai)
- Larbi, D., Gabarron, E., & Denecke, K. (2021). **Social Media Chatbot for Increasing Physical Activity: Usability Study**. Retrieved From <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34734878/> [2024, 23 Feb.]
- Phiboon, S. (2003). **Development of rating scale tools in research**. Retrieved From <https://www.gotoknow.org/posts/238980> [2024, 23 Feb.]
- Sungsri, T., Ua-apisitwong, U., Krompho, S., Panomjerasawat, J., Chamnanpon. K., Thongdee, M., & Dermsantear, A. (2021). The Development of the Supporting Data Providing System for The Khorat Geopark Attraction using Digital Technology. **Science and Technology Research Journal Nakhon Ratchasima Rajabhat University**, 6(2), 19-28. (in Thai)

ประสิทธิภาพของรากต้นรางจืดแคปซูลต่อการลดปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจ THE EFFICACY OF THUNBERGIA LAURIFOLIA ROOT CAPSULE TO REDUCE THE AMOUNT OF ALCOHOL IN BREATH

ศลิษา พุ่มพวง* และธวัชชัย กมลธรรม

สาขาวิชาการแพทย์แผนไทยประยุกต์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา กรุงเทพมหานคร 10300

Salisa Pumpuang* and Thavatchai Kamoltham

Applied Thai Traditional Medicine, Suan Sunandha Rajabhat University, Bangkok 10300

*E-mail: salisa.p242@gmail.com

Received: 2023-07-01

Revised: 2024-05-10

Accepted: 2024-05-16

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของรากต้นรางจืดแคปซูลที่มีผลต่อการลดปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจ และเพื่อวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจจากระยะเวลาหลังการดื่มแอลกอฮอล์ เป็นการศึกษาวิจัยทางคลินิกเชิงทดลองแบบสุ่มชนิดมีกลุ่มควบคุม และแบบปกปิดสองทาง โดยใช้กลุ่มตัวอย่าง 58 คน ที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกทั้งหมด ใช้การสุ่มอย่างง่าย โดยวิธีจับฉลาก แบ่งเข้ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมกลุ่มละ 29 คน เก็บข้อมูลโดยการตรวจวัดปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจ โดยใช้สถิติ Independent Sample t-test ผลการวิจัยพบว่า 1) การรับประทานรากต้นรางจืดแคปซูลทำให้ปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจลดลงได้มากกว่าการไม่รับประทานรากต้นรางจืดแคปซูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ประสิทธิภาพในการลดปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจมีผลตั้งแต่วันที่ 15 สามารถลดปริมาณแอลกอฮอล์ได้ร้อยละ 66.29 ภายในเวลา 2 ชั่วโมง เท่ากับร้อยละ 93.32 2) การรับประทานรากต้นรางจืดแคปซูลมีปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจในแต่ละระยะเวลาแตกต่างจากการไม่รับประทานรากต้นรางจืดแคปซูล กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 77.32 ± 23.31 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ และต่ำสุดเท่ากับ 5.16 ± 6.34 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ กลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 71.27 ± 11.97 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ และต่ำสุดเท่ากับ 22.58 ± 6.97 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยสูงสุดและต่ำสุดของแต่ละระยะเวลาของทั้งสองกลุ่มมีความแตกต่างกัน ที่ระดับค่าความเชื่อมั่นร้อยละ 95

คำสำคัญ: รากต้นรางจืดแคปซูล ปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจ ประสิทธิภาพของรากต้นรางจืด

ABSTRACT

The purpose of this research is to study the efficacy of Thunbergia laurifolia root capsule in reducing the amount of alcohol breath, and to analyze the amount of alcohol in the breath from the period after drinking. The experimental research was a randomized controlled trial (RCT) and double-blinded clinical trial. The samples consisted of 58 men who were interested in this research in Muang district, Chachoengsao province, passed all the Inclusion- exclusion criteria and equally (29 persons) divided by simple random sampling into two groups-experimen and control. The data were collected by breath alcohol testing. The data were analyzed using a statistical independent samples t-test.

The research findings were as follows: 1) Eating *Thunbergia laurifolia* root capsule caused the alcohol content in the breath samples helped decreasing more than those who did not eat the capsule significantly at the level of 0.05. The efficacy of reducing the alcohol content in the sample of the breath was effective from 15 minutes, and could reduce the alcohol content by 66.29% in 2 hours to 93.32%. 2) Eating *Thunbergia laurifolia* root capsule had the alcohol content in the breath for each period of time, different from those who did not eat the capsule. The experimental group had the highest mean value of 77.32 ± 23.31 mg% and the lowest 5.16 ± 6.34 mg%. The control group had the highest mean value of 71.27 ± 11.97 mg% and the lowest 22.58 ± 6.97 mg%. It was shown that the means, maximum and minimum of each period of the two groups were different at a 95% confidence interval.

Keyword: *Thunbergia laurifolia* root, Alcohol Breath, Efficiency of *Thunbergia laurifolia* root

บทนำ

รางจืด (*Thunbergia laurifolia* Lindl.) เป็นพืชสมุนไพรไทยที่มีตัวยารสเย็น นำไปใช้ได้ทุกส่วนทั้งนี้เพราะสรรพคุณของรางจืดจะเปลี่ยนกรดหรือด่างในร่างกายที่เป็นพิษให้เป็นกลาง และเมื่อรางจืดดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือด ไปทำปฏิกิริยากับสารพิษต่าง ๆ จะทำลายพิษเหล่านั้นให้เป็นกลางในเวลาอันรวดเร็วไม่เกิน 45 นาที (Puangchaibodin, 2019) ตามตำรายาล้างพิษของไทยที่ได้มีการศึกษามาแล้ว และในปัจจุบันได้มีงานวิจัยที่แสดงให้เห็นว่า รางจืดมีสรรพคุณเกี่ยวกับสารต่อต้านอนุมูลอิสระเพิ่มเติมอีก โดยเฉพาะส่วนของใบที่สกัดมาเป็นชา และบางตำราอ้างถึงสรรพคุณอื่น ๆ เพิ่มเติม เช่น แก้ท้องร่วง อาการแพ้ผื่นคัน แก้พิษยาฆ่าแมลงในสัตว์ แก้พิษยากำจัดศัตรูพืช แก้พิษเคมี พิษเบื่อเมา พิษแอลกอฮอล์ พิษสุราเรื้อรัง พิษสะสมในร่างกาย แก้ไข้ร้อนใน (Chuthammathat, 2010) ซึ่งในปี 2554 คณะกรรมการพัฒนาระบบยาแห่งชาติ ได้บรรจุรางจืดเข้าในบัญชียาหลักแห่งชาติ พ.ศ. 2554 หมวดยาบัญชียาจากสมุนไพร ในรูปแบบยาแคปซูลและชาชง โดยมีข้อบ่งใช้ คือ ถอนพิษไข้ แก้ร้อนใน และถอนพิษเบื่อเมา รางจืดจึงมีสถานะเป็นยาสมุนไพรต้านพิษที่อยู่ในบัญชียาหลักแห่งชาติตลอดมาจนถึงปัจจุบัน (Puangchaibodin, 2019)

จากประสบการณ์ของนายพนอม ราชแก้ว แพทย์พื้นบ้านที่มีชื่อเสียงในอำเภोजะนง จังหวัดสงขลา ได้เคยนำรางจืดมาใช้ในการลดระดับแอลกอฮอล์ในผู้ที่มีอาการเมา ปวดหัว และรู้สึกอ่อนเพลีย โดยเก็บใบรางจืดที่มีลักษณะไม่แก่ไม่อ่อนจนเกินไป จำนวน 25 ใบ แล้วนำมาตำโดยเติมน้ำเข้าไป 3 ใน 4 แก้ว คั้นน้ำรางจืดให้ดื่ม หลังจากดื่มจะอาเจียนแล้วให้ทานกล้วยตาม 2-3 ลูก หรือขุ่น 2-3 ช้อน ประมาณ 20 นาที ผู้ป่วยจะสามารถลุกไปทำงานต่อได้ทันที (Akarayapong, 2021) สอดคล้องกับข้อมูลในตำราการแพทย์แผนโบราณของไทย (Maneesen, 2020) ที่กล่าวว่ารางจืดสามารถใช้แก้ร้อนใน แก้ไข้ ใช้เป็นยาแก้พิษจากสัตว์และพืช ใช้ถอนพิษเบื่อเมาจากอาหาร ยา สุรา และสารเคมีได้ ต่อมาได้มีการศึกษาในหนูขาวใหญ่โดยให้แอลกอฮอล์ติดต่อกันนาน 21 วัน แล้วหยุดให้แอลกอฮอล์ หลังจากนั้นให้สารสกัดรางจืดกับหนูขาวใหญ่ติดต่อกันเป็นระยะเวลา 14 วัน จากการศึกษาพบว่าสารสกัดรางจืดให้ผลลดภาวะซึมเศร้าและทำให้พฤติกรรมที่เกี่ยวกับการเคลื่อนไหวของหนูขาวใหญ่เปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้นแต่ไม่มีผลลดความวิตกกังวล โดยสารสกัดรางจืดไปช่วยลดการถูกทำลายของเซลล์ประสาทของหนูขาวใหญ่เนื่องจากการขาดเหง้า (Yaithummasarn, 2011) และจากการศึกษาเรื่องประสิทธิภาพของชารางจืดต่อการถอนพิษยาผู้ป่วยยาเสพติดประเภทยาบ้าในโรงพยาบาลธัญญารักษ์ ปัตตานี พบว่ากลุ่มทดลองเป็นผู้ป่วยยาเสพติดประเภทยาบ้าเพศชายจากกลุ่มทดลองที่ 1 จำนวน 5 คน ที่รับชารางจืดมีค่าเฉลี่ยการลดลงของปริมาณแอมเฟตามีนในปัสสาวะที่ 179.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรใน 24 ชั่วโมง (Thepkhun et al., 2014)

ปัจจุบันอุบัติเหตุที่เกิดจากการเมาแล้วขับยังคงมีอยู่อย่างต่อเนื่องเพราะผู้ขับขี่บางส่วนยังคงมีพฤติกรรมขับซึ่รถบนท้องถนนหลังบริโภคเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ซึ่งหากผู้ขับขี่มีปริมาณแอลกอฮอล์ในเลือดที่ 50 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ จะทำให้ความสามารถในการขับซึ่รถลดลง ร้อยละ 8 และมีโอกาสที่จะก่อให้เกิดอุบัติเหตุเป็น 2 เท่า หากผู้ขับขี่มีปริมาณแอลกอฮอล์ในเลือดที่ 80 100 150 หรือมากกว่า 200 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ จะทำให้ความสามารถในการขับซึ่รถลดลง ร้อยละ 12 15 33 และลดลงเป็นสัดส่วนกับระดับแอลกอฮอล์ในเลือด มีโอกาสที่จะก่อให้เกิดอุบัติเหตุทางท้องถนนเป็น 3 6 40 เท่าตามลำดับ (Department of Disease Control, 2017) การตรวจวัดปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์ในเลือดจากลมหายใจเป็นการตรวจหาค่าปริมาณแอลกอฮอล์ในเลือดโดยวิธีเป่าลมหายใจเข้าไปยังเครื่องตรวจวัดซึ่งข้างในจะมีตัวตรวจจับแอลกอฮอล์ (Alcohol Detector) จะถูกแปลค่าให้รายงานออกมาที่หน้าปัดของเครื่องในรูปแบบของปริมาณแอลกอฮอล์ในเลือด (Blood Alcohol Concentration: BAC) โดยอาศัยการคำนวณจาก ค่าความสัมพันธ์ของสัมประสิทธิ์ในการแปลงค่าปริมาณแอลกอฮอล์ในเลือดเป็นปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจ (Blood: Breath ratio) ค่าสัมประสิทธิ์ในการแปลงค่าปริมาณแอลกอฮอล์ในเลือดในแต่ละประเทศอาจจะใช้ค่าไม่เหมือนกัน ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของแต่ละประเทศ (Ketaram, 2016) สำหรับประเทศไทยได้เลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์ในการแปลงค่าปริมาณแอลกอฮอล์ในเลือดเป็นปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจ 2000:1 ซึ่งหมายความว่าถ้าเครื่องวัดปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจได้ (Breath Alcohol Concentration (BrAC) Unit) 1 ส่วนเมื่อแปลงเป็นปริมาณแอลกอฮอล์ในเลือด 2000 ส่วน เช่น ตรวจวัดระดับแอลกอฮอล์ในลมหายใจออกได้เท่ากับ 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร จะเทียบเท่ากับระดับแอลกอฮอล์ในเลือดเท่ากับ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร (ซึ่งเทียบเคียงได้กับ 50 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร และ 50 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ นั่นเอง) (Ekburanawat, 2017)

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น แนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหาผลเสียจากระดับแอลกอฮอล์ในเลือดที่สูงเกินไป คือ การหาวิธีการที่จะลดระดับแอลกอฮอล์ให้ลดลงเร็วที่สุดจนถึงระดับที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายและแนวทางหนึ่งที่เป็นไปได้ คือ การใช้สมุนไพรตามภูมิปัญญาแพทย์แผนไทย เช่น รางจืด เนื่องจากมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับสรรพคุณของสมุนไพรลดสารพิษและลดปริมาณแอลกอฮอล์ โดยทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของรางจืดและย่านางแดงในการลดปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์ในเลือด พบว่าการดื่มรางจืดหลังดื่มเครื่องดื่มเอทิลแอลกอฮอล์มีประสิทธิภาพต่อการลดปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์ในเลือดภายใน 1 ชั่วโมง มีมากกว่าการดื่มย่านางแดงร้อยละ 13.9 แสดงให้เห็นว่าการดื่มรางจืดภายหลังการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ มีผลต่อการลดปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์ในเลือดของกลุ่มตัวอย่างมากกว่าการดื่มย่านางแดง (Puangchaibodin, 2019) ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาประสิทธิภาพของรากต้นรางจืดแคปซูลเมื่อทดลองกับกลุ่มตัวอย่างมีผลต่อการลดปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจได้จริงหรือไม่ และสามารถนำไปเป็นเกณฑ์ที่จะนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง ตรวจวัดค่าโดยใช้เครื่องตรวจวัดปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์ในเลือดจากลมหายใจด้วยเครื่องตรวจ Intoximeters, INC รุ่น Alco-SensorV มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ นำผลการทดลองที่ได้มาเปรียบเทียบ และนำข้อมูลไปวิเคราะห์ เพื่อเป็นองค์ความรู้ใหม่อันจะส่งผลให้เกิดประโยชน์นำไปพัฒนาด้านวิชาการและการประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์แก่สังคมในด้านความปลอดภัยจากการสูญเสียชีวิต การสูญเสียทรัพย์สินด้วยการช่วยลดการเกิดอุบัติเหตุท้องถนนซึ่งสาเหตุส่วนใหญ่จะเกิดจากการเมาสุราแล้วขับรถ ซึ่งส่งผลเสียต่อเศรษฐกิจ ทางด้านสังคมและจิตใจ เป็นปัญหาระดับชาติที่รัฐบาลและภาคเอกชนร่วมมือร่วมใจกันรณรงค์และแก้ไขปัญหาตลอดทุกปีที่ผ่านมา

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของรากต้นรางจืดแคปซูลต่อการลดปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจ
2. เพื่อวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจแต่ละระยะเวลาหลังการดื่มแอลกอฮอล์

วิธีการ

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ เพศชาย อายุ 20-25 ปี อาศัยอยู่ในอำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา ที่มีความสนใจเข้าร่วมกับโครงการวิจัยครั้งนี้

กลุ่มตัวอย่าง คือ ประชากรเพศชาย อายุ 20-25 ปี จำนวน 58 คน ที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกทั้งหมด และมีค่าวัดปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจเกิน 50 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์

การกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยใช้การกำหนดขนาดตัวอย่างตามวัตถุประสงค์การวิจัยเชิงทดลองตามแนวทางของ Wongwanit & Wiratchai (2003) โดยมีแนวทางเสนอว่า การวิจัยเชิงทดลอง ขนาดตัวอย่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ควรจะมีกลุ่มตัวอย่างอย่างน้อยกลุ่มละ 20 คน และเนื่องจากการศึกษาวิจัยนี้ใช้รูปแบบการวิจัยคลินิก ระยะที่ 1 ที่กำหนดให้ใช้กลุ่มตัวอย่าง 20-100 คน (FDA U.S. Food & Drug, 2018) เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มากพอผู้วิจัยได้คำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ใช้โปรแกรม G*Power โดยการเลือก t-tests two groups และ กำหนด effect size = 0.80, error prob. = 0.05 และ power (1-B error prob.) = 0.80 เนื่องจากไม่ทราบค่าประมาณการพารามิเตอร์ในอดีต จึงได้เลือกใช้การกำหนดค่าขนาดอิทธิพลสำเร็จรูป โดยเลือกกำหนดค่าขนาดอิทธิพลขนาดกลาง (effect size = 0.80) (Faul et al., 2007) และกำหนดให้มีค่าความเชื่อมั่นของการทดสอบเท่ากับ 0.95 โดยยอมรับค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.05 ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 26 รวมเป็นกลุ่มตัวอย่าง 52 คน ผู้วิจัยเพิ่มกลุ่มตัวอย่างร้อยละ 10 (จำนวน 6 คน) เพื่อป้องกันกลุ่มตัวอย่างสูญหายระหว่างการวิจัย ได้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด จำนวน 58 คน ตามคุณสมบัติและเกณฑ์ที่กำหนด โดยคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยการคำนึงถึงความเป็นไปได้ (Probability sampling) ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (Simple random sampling) ด้วยวิธีการจับฉลาก (Lottery) จำนวน 58 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองจำนวน 29 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 29 คน และมีคุณสมบัติตามหลักเกณฑ์ในการคัดเลือกดังต่อไปนี้

1. คุณสมบัติของกลุ่มตัวอย่างที่เลือกเข้าศึกษา (Inclusion criteria)

- 1.1 วัดค่าปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจเกิน 50 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์
- 1.2 ไม่มีประวัติโรคประจำตัว
- 1.3 ไม่มีประวัติแพ้แอลกอฮอล์ แพ้อาหารหรือแพ้ยาล
- 1.4 BMI อยู่ระหว่าง 18.5-23.4 (สูตรคำนวณดัชนีมวลกาย คือ ดัชนีมวลกายเท่ากับน้ำหนักตัว/ความสูง ยกกำลังสอง)
- 1.5 มีสัญญาณชีพอยู่ในเกณฑ์ปกติ เช่น อุณหภูมิร่างกาย ความดันโลหิต ชีพจร อัตราการเต้นของหัวใจ และออกซิเจนในเลือด
- 1.6 สามารถดื่มเหล้าขาวได้
- 1.7 กลุ่มตัวอย่างยินยอมให้ความร่วมมือในการทำวิจัย

2. เกณฑ์การคัดออกของกลุ่มตัวอย่าง (Exclusion criteria) เกณฑ์การคัดออกของกลุ่มตัวอย่างสำหรับการวิจัยครั้งนี้ คือ

- 2.1 การทดลองครั้งนี้กลุ่มตัวอย่างต้องเข้าร่วมการทดลองวันละ 1 ครั้ง จำนวน 3 วัน ถ้ากลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการทดลองไม่ครบตามจำนวนครั้งที่กำหนดจะถูกคัดออกจากการวิจัย
- 2.2 ระหว่างการวิจัยมีอาการแพ้สารแอลกอฮอล์ หรือรังจิต
- 2.3 ไม่ยินยอมให้ความร่วมมือในการทำวิจัย

เมื่อได้อาสาสมัครที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนดแล้ว จากนั้นให้กลุ่มตัวอย่างดื่มแอลกอฮอล์ 40 ดีกรี จำนวน 50 มิลลิลิตร และเป่าเครื่องตรวจวัดแอลกอฮอล์ในลมหายใจ คัดเลือกที่ระดับแอลกอฮอล์ในลมหายใจเกิน 50 มิลลิกรัม

เปอร์เซ็นต์ ตามพระราชบัญญัติจราจรทางบก พ.ศ. 2562 เพื่อคัดเลือกเป็นกลุ่มตัวอย่างในการทำวิจัยในขั้นตอนต่อไป การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มการศึกษา ใช้การสุ่มอย่างง่าย (Simple random sampling) โดยวิธีจับฉลาก (Lottery) จากกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับคัดเลือกจำนวน 58 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม จำนวนกลุ่มละเท่ากัน คือ กลุ่มละ 29 คน โดยกลุ่มตัวอย่างจะไม่มีผู้ใดทราบว่ามีกลุ่มใด คือ กลุ่มทดลอง หรือกลุ่มควบคุม

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบบันทึกข้อมูลประกอบด้วย ส่วนที่ 1 ข้อมูลปัจเจกบุคคล ส่วนที่ 2 ข้อมูลด้านพฤติกรรมในการดื่มแอลกอฮอล์ ส่วนที่ 3 ด้านการรับรู้ถึงผลกระทบของเครื่องดื่มแอลกอฮอล์

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง มีดังนี้

1. รากต้นรางจืดแคปซูล 2,000 มิลลิกรัมต่อ 1 คน เป็นปริมาณที่ระบุไว้ว่าสามารถบริโภคได้โดยไม่ก่อให้เกิดอันตราย มีการตรวจทางห้องปฏิบัติการและมีใบรับรองสารประกอบทางเคมีของรางจืด จำนวน 29 ชุดต่อการทดลอง 1 ครั้ง (Thaicrudrug, n.d.)
2. ยาชนิดแคปซูลซึ่งมีขนาดรูปร่างและสีเหมือนกับแคปซูลรากต้นรางจืดจริง 2,000 มิลลิกรัมต่อคน จำนวน 29 ชุดต่อการทดลอง 1 ครั้ง
3. เหล้าขาว 40 ดีกรี จำนวน 58 แก้ว แก้วละ 50 มิลลิลิตรต่อการทดลอง 1 ครั้ง
4. เครื่องตรวจวัดปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์ในลมหายใจ ดังแสดงในภาพที่ 1 จำนวน 2 เครื่อง ยี่ห้อ breath analyzer รุ่น Intoximeters, INC รุ่น Alco-SensorV ต่อการทดลอง 1 ครั้ง (เป็นอุปกรณ์ที่เจ้าหน้าที่ตำรวจสถานีตำรวจภูธรบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา ใช้ในการตรวจวัดปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์ในลมหายใจในปัจจุบัน)



ภาพที่ 1 เครื่องตรวจวัดปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์ในลมหายใจ

5. เอกสารแบบประเมินสุขภาพเบื้องต้นของกลุ่มตัวอย่าง
6. แบบบันทึกผลของการรับประทานแคปซูลรากต้นรางจืดต่อการลดปริมาณในลมหายใจจำนวน 58 ชุดต่อการทดลอง 1 ครั้ง
7. แบบบันทึกอาการเมาสุรา จำนวน 58 ชุด ต่อการทดลอง 1 ครั้ง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ขออนุมัติจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
2. นำหนังสือขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาถึงกลุ่มตัวอย่าง เพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์และรายละเอียดต่าง ๆ ของการทำวิจัย
3. ผู้วิจัยประสานเพื่อขอความอนุเคราะห์ขอความร่วมมือในการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างผ่านทางหน่วยงาน โดยติดต่อผู้บังคับบัญชาของกลุ่มตัวอย่าง และกลุ่มตัวอย่างด้วยตนเองโดยแจ้งรายละเอียดวัตถุประสงค์การวิจัย และวิธีดำเนินการวิจัยอย่างละเอียด

4. ผู้วิจัยจัดส่งเอกสารประชาสัมพันธ์ขอความร่วมมือในทดลองกับกลุ่มตัวอย่างโดยขอหนังสือจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา พร้อมการนัดหมายเวลาและสถานที่ในการทดลองให้กับทางผู้บังคับบัญชาของกลุ่มตัวอย่าง และกลุ่มตัวอย่างให้ทราบ

5. ประกาศรับสมัครกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมโครงการวิจัยตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

6. ผู้วิจัยหรือผู้ช่วยผู้วิจัยเข้าพบกลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะตามเกณฑ์คัดเลือก-คัดออก โดยผู้วิจัยอนุมัติจาก คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา เลขที่ COA. 1-061/2020 วันที่ให้การรับรอง 7 มกราคม 2564 และได้ชี้แจงวัตถุประสงค์ และข้อกำหนดในการวิจัย ขั้นตอนรายละเอียดต่าง ๆ ในการเก็บข้อมูล วิธีการกรอกข้อมูลลงแบบสอบถามและแบบประเมิน ประโยชน์ที่กลุ่มตัวอย่างจะได้รับรวมทั้งผลข้างเคียงที่อาจเกิดขึ้น แก่กลุ่มตัวอย่าง

7. กลุ่มตัวอย่างที่ตัดสินใจเข้าร่วมโครงการ ลงนามในแบบฟอร์มแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยผู้วิจัย สอบถามข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่างและบันทึกลงในแบบฟอร์ม

8. ผู้วิจัยและเจ้าหน้าที่สาธารณสุขคัดกรองผู้ทดลองเข้าร่วมโครงการวิจัยโดยซักประวัติและบันทึกประวัติลงในแบบฟอร์ม

9. ให้กลุ่มตัวอย่างดื่มแอลกอฮอล์ และรับประทานรากต้นรางจืดแคปซูล 4 แคปซูล (2,000 มิลลิกรัม) จำนวน 29 คน ในกลุ่มทดลอง และใช้ยาแคปซูลซึ่งมีขนาดรูปร่างและสีเหมือนกับแคปซูลรากต้นรางจืดจริงจำนวน 29 คน ในกลุ่มควบคุม แล้วประเมินแอลกอฮอล์ร่างกายโดยใช้เครื่องเป่าระดับแอลกอฮอล์ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของรากต้นรางจืดแคปซูล ต่อการลดปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจ การประเมินผลเป็นรายครั้งที่กลุ่มตัวอย่างดื่มแอลกอฮอล์ บันทึกอาการของกลุ่มตัวอย่าง ในเวลาหลังดื่มทันที 15 นาที 30 นาที 45 นาที 60 นาที 90 นาที และ 120 นาที ทุกวันอาทิตย์ จำนวน 3 ครั้ง (3 สัปดาห์)

ระยะเวลาหลังจากดื่ม กำหนดให้

- | | |
|--------------------------|-------------------------|
| 1 = หลังดื่มทันที | 2 = หลังจากดื่ม 15 นาที |
| 3 = หลังจากดื่ม 30 นาที | 4 = หลังจากดื่ม 45 นาที |
| 5 = หลังจากดื่ม 60 นาที | 6 = หลังจากดื่ม 90 นาที |
| 7 = หลังจากดื่ม 120 นาที | |

10. ผู้วิจัยประเมินและบันทึกการติดตามผลการใช้รากต้นรางจืดลงในแบบฟอร์ม ทุกครั้งที่ทำการทดลอง

11. ในวันสุดท้ายของสัปดาห์ที่ 3 ของการทดลอง ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลและตรวจสอบความถูกต้องครบถ้วนของข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้นำไปวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป (โปรแกรม SPSS) โดยกำหนดความมีนัยสำคัญ ที่ระดับ 0.05 นำประสิทธิภาพของรากต้นรางจืดต่อการลดปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจกับกลุ่มทดลองที่ได้มา คำนวณ ค่าทางสถิติ โดยใช้สถิติร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ t-test เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแคปซูลรากต้นรางจืด ต่อการวัดปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจ ในกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลอง วิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานด้วยสถิติบรรยาย ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง 2 กลุ่มที่สัมพันธ์กัน ด้วย Independent Samples t-test

โดยได้ทำการวิเคราะห์และเสนอข้อมูลโดยใช้ข้อมูลจากการเปรียบเทียบและการวัดปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจ โดยเปรียบเทียบผลของสองกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่

1. กลุ่มทดลองที่รับประทานแคปซูลรากต้นรางจืดหลังการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์และวัดปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจ

2. กลุ่มควบคุมที่รับประทานแคปซูลซึ่งมีขนาดรูปร่างและสีเหมือนกับแคปซูลรากต้นรางจืดจริง หลังการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์และวัดปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจ

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการศึกษา

1. ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของกลุ่มตัวอย่างพบว่า กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดเป็นเพศชาย อายุ 21 ปี มากที่สุด ร้อยละ 20.69 รองลงมา คือ อายุ 25 ปี ร้อยละ 18.97 อายุ 20 ปี ร้อยละ 17.24 อายุ 22 ปี ร้อยละ 17.24 อายุ 23 ปี ร้อยละ 15.52 และ อายุ 24 ปี ร้อยละ 10.34 ทุกคนมีค่า BMI และสัญญาณชีพอยู่ในเกณฑ์ปกติ ไม่มีโรคประจำตัว และไม่แพ้แอลกอฮอล์

2. ผลการวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจแต่ละระยะเวลาหลังการดื่มแอลกอฮอล์

การวิเคราะห์หาค่าสถิติพื้นฐาน ด้วยสถิติบรรยาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละในการแสดงผลประสิทธิภาพของการลดปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจภายใน 2 ชั่วโมง แสดงได้ดังตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าร้อยละของปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจ
จำแนกตามระยะเวลาหลังดื่มทันที

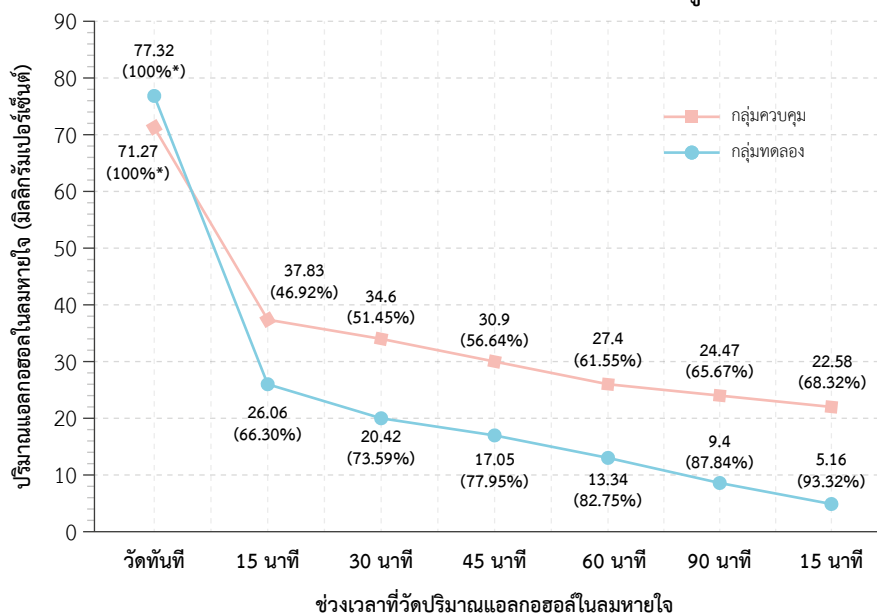
กลุ่ม (n = 58)	ระยะเวลาหลังจากดื่ม (นาที)						
	วัดทันที (mg%)	15 นาที (mg%)	30 นาที (mg%)	45 นาที (mg%)	60 นาที (mg%)	90 นาที (mg%)	120 นาที (mg%)
กลุ่มควบคุม (ไม่กินรากต้น รางจืดแคปซูล)	$\bar{X}$	71.27	37.83	34.60	30.90	27.40	24.47
	SD	11.97	6.07	5.98	6.06	6.37	6.74
	ปริมาณที่ลดลง ¹	-	33.44	36.67	40.37	43.87	46.80
	ร้อยละ	100	46.92	51.45	56.64	61.55	65.67
กลุ่มทดลอง (กินรากต้นรางจืด แคปซูล)	$\bar{X}$	77.32	26.06	20.42	17.05	13.34	9.40
	SD	23.31	13.87	13.57	12.30	10.97	9.63
	ปริมาณที่ลดลง ¹	-	51.26	56.90	60.27	63.98	67.92
	ร้อยละ	100	66.30	73.59	77.95	82.75	87.84

หมายเหตุ: ¹ปริมาณที่ลดลง = ค่าเฉลี่ยของปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจที่ได้ในช่วงเวลา - ค่าเฉลี่ยของปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจที่ได้ในช่วงเวลาปัจจุบัน

จากตารางที่ 1 พบว่า กลุ่มควบคุม มีปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจภายใน 2 ชั่วโมง ลดลงตามระยะเวลาโดยวัดทันที หลังดื่ม และในนาทีที่ 15 30 45 60 90 และ 120 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 71.27 ± 11.97 37.83 ± 6.07 34.60 ± 5.98 30.90 ± 6.06 27.40 ± 6.37 24.47 ± 6.74 และ 22.58 ± 6.97 ตามลำดับ

กลุ่มทดลอง มีปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจภายใน 2 ชั่วโมง ลดลงตามระยะเวลาโดยวัดทันทีหลังดื่ม และในนาทีที่ 15 30 45 60 90 และ 120 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 77.32 ± 23.31 26.06 ± 13.87 20.42 ± 13.57 17.05 ± 12.30 13.34 ± 10.97 9.40 ± 9.63 และ 5.16 ± 6.34 ตามลำดับ

การวัดปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจหลังจากรับประทานรากต้นรางจืดแคปซูล ภายในระยะเวลา 2 ชั่วโมง



ภาพที่ 2 ประสิทธิภาพการลดปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจภายใน 2 ชั่วโมง

หมายเหตุ: ตัวเลขในวงเล็บหมายถึงร้อยละของปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจที่ลดลง

*100% หมายถึง ปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจที่วัดได้หลังดื่มแอลกอฮอล์ทันที และทำการวัดปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจต่อเนื่องจนครบ 2 ชั่วโมง

จากภาพที่ 2 ผลการเปรียบเทียบร้อยละของปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม โดยวัดทันทีหลังดื่ม และในนาทีที่ 15 30 45 60 90 และ 120 พบว่าแต่ละช่วงเวลากลุ่มทดลองจะมีปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจลดลงมากกว่ากลุ่มควบคุม โดยกลุ่มทดลองมีปริมาณแอลกอฮอล์ลดลงตั้งแต่ร้อยละ 66.30-93.32 ส่วนกลุ่มควบคุมมีปริมาณลดลงตั้งแต่ร้อยละ 46.92-68.32

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจของการกินรากต้นรางจืดแคปซูลกับไม่กินรากต้นรางจืดแคปซูล

ปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจ	กินรากต้นรางจืด		ยาหลอก		t	p-value
	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD		
	26.06	13.87	37.83	6.06	-4.190	<.001*

หมายเหตุ: * มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่ใช้ในการเปรียบเทียบในครั้งนี้คือนาทีที่ 15 ช่วงเวลาเดียว เนื่องจากปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจมีปริมาณต่ำกว่าที่กฎหมายกำหนดแล้ว คือ 50 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์

จากผลการศึกษาในตารางที่ 2 พบว่า ค่าสถิติ $t = -4.190$ และค่า $p\text{-value} < .001$ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าการกินรากต้นรางจืดแคปซูลมีผลต่อการลดปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจมากกว่าการไม่กินรากต้นรางจืดแคปซูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ดังนั้น การกินรากต้นรางจืดแคปซูลมีผลต่อการลดปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจในแต่ละระยะเวลาแตกต่างจากการไม่กินรากต้นรางจืดแคปซูล หมายความว่า การกินรากต้นรางจืดแคปซูลมีผลต่อการลดปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจในแต่ละระยะเวลาแตกต่างจากการไม่กินรากต้นรางจืดแคปซูล

ผลบันทึกอาการมีนเมาของกลุ่มควบคุม พบว่า มีพฤติกรรมพุดมากขึ้น แต่ยังสามารถทรงตัว และเดินตรงไม่เซได้ หลังดื่มทันทีคิดเป็นร้อยละ 93.10 หลัง 15 นาที ลดเหลือร้อยละ 86.21 ส่วนมีอาการร้อนคอหลังดื่มทันที คิดเป็นร้อยละ 96.55 หลัง 15 นาที ลดเหลือร้อยละ 62.07 และมีการเวียนศีรษะหลังดื่มทันที คิดเป็นร้อยละ 51.72 หลัง 15 นาที ลดเหลือร้อยละ 34.48

ผลบันทึกอาการมีนเมาของกลุ่มทดลอง พบว่า มีพฤติกรรมพุดมากขึ้น แต่ยังสามารถทรงตัว และเดินตรงไม่เซได้ หลังดื่มทันทีคิดเป็นร้อยละ 82.21 หลัง 15 นาที ลดเหลือร้อยละ 68.97 ส่วนมีอาการร้อนคอหลังดื่มทันที คิดเป็นร้อยละ 68.97 หลัง 15 นาที ลดเหลือร้อยละ 34.48 และมีการเวียนศีรษะหลังดื่มทันที คิดเป็นร้อยละ 34.48 หลัง 15 นาที ลดเหลือร้อยละ 17.24

วิจารณ์ผลการศึกษา

1.การกินรากต้นรางจืดแคปซูลมีผลต่อการลดปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจมากกว่าการไม่กินรากต้นรางจืดแคปซูล เนื่องจากรากต้นรางจืดมีสรรพคุณในการใช้ดื่มถอนพิษทั้งที่เป็นยาฆ่าแมลง อาหารเป็นพิษ พิษจากการเมาสุรา เมาค้าง เพราะรากต้นรางจืดมีสรรพคุณเปลี่ยนกรดหรือด่างในร่างกายที่เป็นพิษให้เป็นค่ากลางและสามารถทำลายพิษในเวลารวดเร็วไม่เกิน 45 นาที สอดคล้องกับ Posridee (2012) ได้กล่าวว่า รากต้นรางจืดใช้แก้อาการเมาค้าง ปวดหัว มีนหัวอ้นเนื่องจากพิษสุรา ถอนพิษสุรา พิษตกค้างในร่างกายหรือยาเบื่อชนิดต่าง ๆ ถึงแม้ว่าร่างกายของมนุษย์จะสามารถกำจัดแอลกอฮอล์ได้อยู่แล้ว แต่การกินรากต้นรางจืดช่วยลดระยะเวลาการทำงานของร่างกายในการกำจัดแอลกอฮอล์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับการศึกษาของ Kaewkiriya (2017) ที่ได้ศึกษาผลของการดื่มน้ำสกัดจากใบรางจืดต่อการลดปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจ พบว่า ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ได้ดื่มน้ำสกัดจากใบรางจืด มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด และค่าเฉลี่ยสูงสุด น้อยกว่าค่าเฉลี่ยต่ำสุดและสูงสุดของกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ได้ดื่มน้ำสกัดจากใบรางจืด

2.การกินรากต้นรางจืดแคปซูลมีผลต่อการลดปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจในแต่ละระยะเวลาแตกต่างจากไม่กินรากต้นรางจืดแคปซูล แสดงให้เห็นว่า รากต้นรางจืดแคปซูลเมื่อกินหลังดื่มแอลกอฮอล์แล้ว มีผลช่วยลดปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจ และมีความแตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลาระหว่างกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มทดลองที่กินรากต้นรางจืดจะมีปริมาณแอลกอฮอล์ที่ลดต่ำลงในแต่ละช่วงนับตั้งแต่วัดค่าหลังดื่มทันทีซึ่งจะสูง เมื่อผ่านานาทีที่ 15 ขึ้นไป สำหรับกลุ่มควบคุมการลดลงของปริมาณแอลกอฮอล์ที่วัดได้นั้นจะมีการลดลงตามปกติของร่างกายที่จะมีการขับแอลกอฮอล์ออกซึ่งภายใน 1 ชั่วโมง สำหรับคนที่มีสุขภาพร่างกายแข็งแรงสามารถขับแอลกอฮอล์ได้ 1 ดิมีมาตรฐานหรือ 1.5 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ หากหลังดื่มมีค่าแอลกอฮอล์ 50 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ เมื่อครบ 1 ชั่วโมง วัดค่าจะพบว่า ปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจลดลงเหลือ 35 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ แต่สำหรับกลุ่มทดลองมีปริมาณแอลกอฮอล์ที่ลดลงอย่างมากตั้งแต่นาทีที่ 15 สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Puangchaibodin (2019) ได้ศึกษาถึงประสิทธิภาพของรางจืดและยานางแดงต่อการลดปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์ในเลือด พบว่า การดื่มรางจืดทำให้ปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์ในเลือดลดลงมากกว่าการไม่ดื่มรางจืดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ประสิทธิภาพในการลดปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์ในเลือด เท่ากับ 74.20 และสอดคล้องกับ Lertpongpipat & Chaiyakhun (2011) ได้ศึกษารางจืดที่มีฤทธิ์การต้านพิษแอลกอฮอล์ โดยการวัดระดับของเอนไซม์ AST และ ALT และระดับของไตรกลีเซอไรด์ในตับ โดยพบว่า ที่ระยะเวลา 15 นาที หลังจากได้รับแอลกอฮอล์เข้าไป สารสกัดรางจืดในขนาด 200 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม มีผลทำให้การเกิดพิษที่ตับอันเนื่องมาจากแอลกอฮอล์ลดลง และสารสกัดจากใบรางจืดสามารถลดระดับของลิปิโดเพอร์ออกไซด์ในตับ ระดับแอลกอฮอล์ในเลือด และเพิ่มระดับของเอนไซม์ ADH และ ALDH ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ถึงสภาพการทำงานของตับในระดับโมเลกุลว่าถูกเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้น

สรุป

จากการทดลองกลุ่มตัวอย่าง 29 คน โดยให้ดื่มเหล้าขาว 40 ดีกรี 1 แก้ว ในปริมาณ 50 มิลลิลิตร แล้วทานรากต้นรางจืด แคปซูล ขนาด 2,000 มิลลิกรัม 1 เม็ด พบว่า กลุ่มตัวอย่างที่ทานรากต้นรางจืดแคปซูลหลังการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ สามารถช่วยลดปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจให้มีปริมาณต่ำกว่าที่กฎหมายกำหนดคือ 50 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ตั้งแต่ในนาที่ที่ 15

ข้อเสนอแนะ

1.งานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับรากต้นรางจืดที่มีผลต่อการลดปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจ ซึ่งเป็นการให้ทานรากต้นรางจืดเพียงชั่วระยะเวลาหนึ่ง เหมาะสำหรับบุคคลทั่วไปที่ต้องการนำมาใช้งานในช่วงระยะเวลานั้น ๆ หลังจากดื่มแอลกอฮอล์ ซึ่งการให้ผลจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับปัจจัยหรือตัวแปรอื่น ๆ เช่น อายุ เพศ ดัชนีมวลกาย ดื่มในขณะที่ท้องว่างหรือไม่ว่าง การพักผ่อน เป็นต้น

2.ควรมีการวิจัยที่ต่อเนื่องสำหรับบุคคลที่ดื่มสุราบ่อย ๆ ซึ่งจะมีระบบการเผาผลาญแอลกอฮอล์ที่ต่างไปจากคนทั่วไป

3.เนื่องจากรางจืดมีองค์ประกอบทางเคมีมากมาย ยังไม่มีวิจัยหรือรายงานใดที่ชี้ชัดได้ว่า สารประกอบตัวใดที่มีฤทธิ์ในการช่วยลดแอลกอฮอล์ จึงควรศึกษาสารชนิดใดที่มีประสิทธิภาพในการช่วยลดแอลกอฮอล์

เอกสารอ้างอิง

- Akarayapong, P. (2011). **Rang Chuet**. Retrieved from <https://www.ttmed.psu.ac.th/th/blog/68> [2021, 3 Dec.] (In Thai)
- Chuthammathat, R. (2010). **Thunbergia Laurifolia Lindl. Miracle Plant**. Bangkok: Intellectuals. (In Thai)
- Department of Disease Control. (2017). **Alcohol and road accidents**. Retrieved from <http://thaincd.com/document/file/download/leaflet/download1no34.pdf> [2021, 3 Dec.] (In Thai)
- Ekburanawat, W. (2017). **Examination of body alcohol levels in working people**. Retrieved from <https://www.summacheeva.org/article/alcohol> [2021, 3 Dec.] (In Thai)
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.G., & Buchner, A. (2007). G*Power 3: A Flexible Statistical Power Analysis Program for the Social, Behavioral, and Biomedical Sciences. **Behavior Research Methods**. **39**. 175-191.
- FDA U.S. Food & Drug. (2018). **Step 3: Clinical Research**. Retrieved from <https://www.fda.gov/patients/drug-development-process/step-3-clinical-research#collapse1> [2021, 3 Dec.]
- Kaewkiriya, K. (2017). **Effects of Drinking the Water Extracted of Thunbergia Laurifolia LINM. to Reduce the Amount of Alcohol in Breath**. Retrieved from <http://www.socsci.nu.ac.th/so-cant2017/downloads/proceeding/031.pdf> [2021, 3 Dec.] (In Thai)
- Ketaram, K. (2016). **The Effect of Yogurt Beverage Consuming to the Quantity Alcohol in Blood Determind with Brethalyzer**. (Master's Thesis). Silpakorn University, Bangkok. (In Thai)
- Lertpongpipat, W., & Chaiyakhun, D. (2011). Comparison of Effectiveness on Increasing Cholinesterase-Blood Level between Thunbergiaceae and Bauhinia strychnifolia Craib in Agriculturists. **Journal of the Office of DPC 7 Khon Kaen**, **18**(3), 49-58. (In Thai)
- Maneesen, C. (2020). The Study of Thunbergia laurifolia Lindl. (Rang Jued) Usage as Antidote. **Thai Journal of Public Health and Health Sciences**, **3**(1), 28-40. (In Thai)
- Posridee, K. (2012). **Sub Chronic Toxicity Studies of Thunbergia Luarifolia Lindl. Extracts in Rats**. (Master's Thesis). Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima. (In Thai)
- Puangchaibodin, P. (2019). **The Efficiency of Thunbergia Laurifolia Lindl. and Bauhinia Strychnifolia Craib. on Reduction of Blood Alcohol Concentration**. (Master's Thesis). Silpakorn University, Bangkok. (In Thai)
- Thaicrudegrug. (n.d.). **Thunbergia Laurifolia**. Retrieved from <https://apps.phar.ubu.ac.th/thaicrudedrug/main.php?action=viewpage&pid=115> [2021, 3 Dec.] (In Thai)
- Thepkhun, N., Ngamkajornwiwat, N., Yok-Seng, S., Wasama, W., & Chumanee, P. (2014). **Efficacy of Rang Jued tea on Drug Detoxification of Amphetamine patients in Thanyarak Pattani Hospital**. Pattani: Thanyarak Pattani Hospital. (In Thai)
- Wongwanit, S., & Wiratchai, N. (2003). **Thesis Counseling Guidelines**. Bangkok: Chulalongkorn University. (In Thai)
- Yaithummasarn, P. (2011). Rang Chuet. **Medicinal Plant Newsletter**, **29**(1), 7-17. (In Thai)

การเปรียบเทียบรูปร่าง ขนาดและปริมาณอนุภาคของเขม่าปืนภายหลังการยิงด้วยกระสุน
แบบลค์กันและกระสุนปืนจริงด้วยเทคนิค SEM-EDX
A COMPARISON OF SHAPE, DIMENSION, AND QUANTITY OF GSR PARTICLES AFTER
FIRING BLANK CARTRIDGE AND LIVE AMMUNITION USING SEM-EDX TECHNIQUE

ชลธิกานต์ บุญเลิศ* วรรัช วิชชวานิชย์ และ ปริญา สีลานันท์
คณะนิติวิทยาศาสตร์ โรงเรียนนายร้อยตำรวจ นครปฐม 73110

Chonthikarn Boonlert *, Worratouch Witchuvanit and Parinya Seelanan
Faculty of Forensic Science, Royal Police Cadet Academy, Nakhon Pathom 73110

*E-mail: P.chonthikarn@gmail.com

Received: 2023-09-26

Revised: 2024-05-27

Accepted: 2024-05-30

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบรูปร่างและขนาดอนุภาคของเขม่าปืนหลังการยิงด้วยกระสุนแบบลค์กันและกระสุนปืนจริงด้วยเทคนิคกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) และ 2) เปรียบเทียบปริมาณเขม่าปืนหลังการยิงด้วยกระสุนแบบลค์กันและกระสุนปืนจริงด้วยเทคนิคเอกซเรย์แบบกระจายพลังงาน (EDX) ในการทดลองใช้อาวุธปืนพกสั้นและปืนแบบลค์กันขนาด 9 มม. เก็บตัวอย่างเขม่าปืนบนมือของผู้ยิงที่เวลา 0 นาทีและ 30 นาที การวิเคราะห์ประกอบด้วย การวิเคราะห์รูปร่างและขนาดอนุภาคเขม่าปืน และตรวจหาปริมาณธาตุตะกั่ว (Pb) แบเรียม (Ba) และพลวง (Sb) ผลการวิจัยพบว่าอนุภาคเขม่าปืนจากปืนจริงมีลักษณะทรงกลมมากกว่าอนุภาคเขม่าปืนจากปืนแบบลค์กัน และเมื่อเวลาผ่านไปลักษณะของเขม่าปืนจะเปลี่ยนแปลงไปจากทรงกลมขนาดอนุภาคจากกระสุนปืนจริง มีค่าเฉลี่ย 13.017 ± 10.417 ไมครอน ในขณะที่ขนาดอนุภาคจากกระสุนปืนแบบลค์กัน มีค่าเฉลี่ย 10.567 ± 9.135 ไมครอน และจากการศึกษาปริมาณธาตุองค์ประกอบในเขม่าปืนเมื่อเวลาผ่านไป 30 นาที เขม่าปืนจากกระสุนปืนจริงจะมีปริมาณธาตุที่ลดลง ในขณะที่ปริมาณธาตุองค์ประกอบในเขม่าปืนจากกระสุนปืนแบบลค์กันลดลงไม่ชัดเจนเท่ากระสุนปืนจริง จากผลการวิจัยครั้งนี้สรุปได้ว่า เทคนิค SEM-EDX สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจวิเคราะห์รูปร่างของเขม่าปืนจากกระสุนปืนจริงและกระสุนปืนแบบลค์กันได้ และยังเป็นประโยชน์ในการนำไปเป็นฐานข้อมูลใช้ประโยชน์กับเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานด้านนิติวิทยาศาสตร์อีกด้วย

คำสำคัญ: เขม่าปืน กระสุนปืนจริง กระสุนแบบลค์กัน

ABSTRACT

This research aims to: 1) compare gunshot residue after firing blank cartridge and live ammunition using Scanning Electron Microscopy (SEM) techniques, and 2) compare the amount of gunshot residue after firing blank cartridge and live ammunition using Energy Dispersive X-ray (EDX) techniques. The experiment involves shooting a 9 mm. handgun and a blank gun to collect gunshot residue samples on the shooter's hand at 0 and 30 minutes. The analysis includes particle analysis, examination of gunshot residue size, and the detection of Lead (Pb), Barium (Ba), and Antimony (Sb) amounts.

The results of the research found that gunshot residue particles from live ammunition are more spherical than gun soot particles from blank cartridges, and over time, the characteristics of gunshot residue change from being spherical. The particle size of gunshot residue from live ammunition means 13.017 ± 11.412 microns, while the particle size of gunshot residue from blank cartridges means 10.567 ± 10.007 microns, and an examination of the elemental components in gun soot after 30 minutes, gun soot from live ammunition will have a reduced amount of elements. Meanwhile, the amount of elemental elements in gun soot from blank cartridges decreased not as clearly as from live ammunition. From the results of this research, it can be concluded that the SEM-EDX technique can be applied to analyze the shape of gunshot residue from both live ammunition and blank cartridges. And to use it as a database for forensic science practitioners.

Keyword: Gunshot residue, Live Ammunition, Blank Cartridge

บทนำ

ในปัจจุบันการประกอบอาชญากรรมด้วยอาวุธปืนเกิดขึ้นบ่อยครั้งซึ่งอาวุธปืนที่ใช้ในการก่ออาชญากรรมนั้นมีมากมายหลายรูปแบบทั้งประเภทปืนสั้นและปืนยาวรวมไปถึงปืนอีกประเภทหนึ่งคือ ปืนแบลงค์กัน หมายถึง ปืนเสียงเปล่า สิ่งเทียมอาวุธปืนชนิดทำให้เกิดเสียง คัดปลอกและแสงแฟลชออกไม่ขับเคลื่อนกระสุน ความอันตรายจากการใช้ปืนแบลงค์กันนั้นถึงแม้ว่าตัวกระสุนจะไม่มีหัวตะกั่ว แต่มักมีการใช้วัสดุอื่น เช่น ก้อนกระดาช พลาสติก ผ้าสักหลาด หรือผ้าฝ้ายใส่แทนหัวตะกั่ว เพื่อให้ดินปืนไม่ไหลออกจากปลอกกระสุนและช่วยให้ประกายไฟจากปากกระบอกใกล้เคียงการยิงกระสุนจริง แม้วัสดุเหล่านี้จะอ่อนนุ่มและเบาว่าตะกั่วมารวมถึงพุ่งออกจากปากกระบอกปืนได้เพียงระยะสั้น ๆ ก่อนจะตกลงพื้นแต่ด้วยแรงดันจากการระเบิดของดินปืนทำให้หากมีสิ่งมีชีวิตอยู่ใกล้ปากกระบอกปืนก็อาจบาดเจ็บหรือเสียชีวิตได้ (Demirci et al., 2011)

ปัจจุบันในประเทศไทยแบลงค์กันยังอยู่ในระหว่างข้อพิพาทพิจารณาร่างกฎหมายเพื่อตีความสถานะของปืนแบลงค์กันตามข้อเสนอของกรมการปกครองที่ว่าด้วยศักยภาพและอันตรายของปืนแบลงค์กันเมื่อนำไปใช้จะเป็นอันตรายมากน้อยเพียงใดจะเป็นเพียงสิ่งเทียมอาวุธปืนหรือจัดเป็นอาวุธปืนตามพระราชบัญญัติอาวุธปืน พ.ศ. 2490 ปืนแบลงค์กันนั้นเริ่มแรกใช้ปืนเพียงอุปกรณ์ประกอบฉากการแสดงแต่ทุกวันนี้ได้มีการดัดแปลงให้สามารถขับเคลื่อนปืนออกได้ซึ่งอาวุธปืนแบลงค์กันนั้นตามกฎหมายถือว่าเป็นอาวุธปืนไม่ใช่สิ่งเทียมอาวุธปืนจึงต้องได้รับอนุญาตจากกรมการปกครองอย่างถูกต้อง โดยทั่วไปปืนแบลงค์กันสามารถพบได้ทั้งในคดีอาชญากรรมและอาชญากรรม อีกทั้งคนร้ายได้พยายามทำลายหลักฐานหลังการก่ออาชญากรรมทำให้ต้องมีการรวบรวมพยานหลักฐานเพื่อนำมาพิสูจน์การกระทำความผิดหรือความบริสุทธิ์ของผู้ต้องสงสัย

เขม่าปืน คือ สิ่งที่เกิดขึ้นภายหลังจากการยิงปืน เป็นส่วนที่หลงเหลือจากการเผาไหม้ของชนวนท้ายกระสุนปืนและดินส่งกระสุนปืนซึ่งจะปลิวไปเกาะอยู่ที่บริเวณมือ เสื้อผ้า เส้นผม หรือพื้นผิวอื่น ๆ ที่อยู่บริเวณใกล้เคียง (Spathis, 2017) สามารถตรวจด้วยวิธีวิเคราะห์พลาสมาคู่ควบแบบเหนี่ยวนำ (ICP-MS) เพื่อหาธาตุองค์ประกอบหลัก คือ Ba Pb และ Sb แต่หากเป็นวัสดุอื่น ๆ จะทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีทดสอบการเปลี่ยนสี (Color test) เพื่อหาปริมาณไนโตรเจนและไนไตรท์ที่ปรากฏรวมถึงเครื่องมือวิเคราะห์กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM-EDX) เพื่อวิเคราะห์หาเขม่าปืนทั้งเชิงปริมาณ เชิงคุณภาพ และสามารถดูการกระจายตัวได้ (Jithkaroon & Vichuanich, 2021)

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าสามารถวิเคราะห์หาส่วนที่หลงเหลือจากการเผาไหม้ของชนวนท้ายกระสุนปืน และดินส่งกระสุนปืนได้หลายวิธี และเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะนำมาประยุกต์ใช้งานในการสืบสวนสอบสวนเพื่อหาปริมาณ Pb Sb และ Ba ในตัวอย่างเขม่าปืนได้ในงานวิจัยนี้สนใจวิเคราะห์เปรียบเทียบอนุภาคและปริมาณ Pb Sb และ Ba ในเขม่าปืน ภายหลังจากการยิงปืนด้วยกระสุนแบบล็กกันและกระสุนปืนจริง ขนาด 9 มม. โดยใช้เทคนิคอิเล็กตรอนแบบส่องกราด เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาและประโยชน์ในการลำดับย้อนเหตุการณ์ในกระบวนการทางนิติวิทยาศาสตร์

วิธีการ

การเตรียมอุปกรณ์

- 1.เตรียมอาวุธปืนพกสั้นมาตรฐาน (ปืนจริง) ขนาด 9 มม. (ภาพที่ 1A) บรรจุกระสุนปืนขนาด 9 มม.
- 2.เตรียมอาวุธปืนแบบล็กกันขนาด 9 มม. (ภาพที่ 1B) บรรจุกระสุนแบบล็กกันขนาด 9 มม.
- 3.เตรียมเป้าที่ใช้สำหรับเป็นเป้าหมาย

การยิงเพื่อเก็บข้อมูล

1.ผู้ยิงปืนเตรียมพร้อมในท่ายิงปืน (Lewinski et al., 2010) โดยใช้ผู้ชำนาญในการยิงปืนจากสนามฝึกซ้อมยิงปืน ศูนย์ฝึกยุทธวิธีตำรวจสถานีตำรวจภูธร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เป็นผู้ทำการทดลองยิงปืน กำหนดให้ทำการล้างมือ ให้สะอาดก่อนการยิงปืน

2.ผู้ชำนาญยิงปืนใส่เป้าหมายที่เตรียมไว้ เริ่มยิงจากปืนจริง โดยใช้ปืนพกสั้นมาตรฐาน Glock ยี่ห้อ INC SMYRNA GA ขนาด 9 มม. ใช้กระสุนปืนจริงยี่ห้อ NRC Luger ขนาด 9 มม. ทำการยิงด้วยการจับอาวุธปืนด้วยมือทั้งสองข้างในลักษณะ แขนเหยียดตรง (ดังภาพที่ 1) โดยใช้มือขวากำอาวุธปืนและมือซ้ายรองรับอาวุธปืนอยู่ด้านล้างมือขวา ยิงครั้งละจำนวน 2 นัด ที่ระยะห่างจากเป้าหมายประมาณ 4 เมตร หลังจากนั้นเก็บตัวอย่างเขม่าปืนบนมือของผู้ยิงปืนทันทีหลังการยิง หรือที่เวลา 0 นาที

3.ทำการยิงและเก็บตัวอย่างซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง โดยในระหว่างครั้งกำหนดให้ผู้ยิงปืนทำการล้างมือให้สะอาด และเช็ดด้วยกระดาษทิชชู 5 ทำการยิงโดยผู้ยิงคนเดิมและปืนกระบอกเดิม

4.ผู้ชำนาญยิงปืนใส่เป้าหมายที่เตรียมไว้ จากปืนจริงกระบอกเดิม ยิงครั้งละจำนวน 2 นัด หลังจากนั้นให้ผู้ยิง นั่งพัก จนได้เวลาที่กำหนด 30 นาที จึงเก็บตัวอย่างเขม่าปืนบนมือของผู้ยิงปืน

5.ทำการยิงและเก็บตัวอย่างซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง โดยในระหว่างครั้งกำหนดให้ผู้ยิงปืนทำการล้างมือให้สะอาด และเช็ดด้วยกระดาษทิชชู 5 ทำการยิงโดยผู้ยิงคนเดิมและปืนกระบอกเดิม

6.ทำการยิงจากปืนแบบล็กกัน Glock ยี่ห้อ KUZEY GN19 ขนาด 9 มม. ใช้กระสุนแบบล็กกันยี่ห้อ Ozkursan P.A.K.ขนาด 9 มม. และเก็บตัวอย่างเขม่าปืนทันทีหลังการยิงหรือที่เวลา 0 นาที และ 30 นาที ทำการยิงและเก็บตัวอย่าง ซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง เช่นเดียวกับปืนจริง โดยในระหว่างครั้งกำหนดให้ผู้ยิงปืนทำการล้างมือให้สะอาดและเช็ดด้วย กระดาษทิชชู 5 ทำการยิงโดยผู้ยิงคนเดิมและปืนกระบอกเดิม

การเก็บตัวอย่างเขม่าปืน

ทำการเก็บตัวอย่างเขม่าปืนโดยใช้เทปคาร์บอน (Carbon tape) ที่ติดอยู่บนสตัป (Stub) กดทับแทน Stub ลงบนบริเวณรอบ ๆ ฝ่ามือและหลังมือของผู้ยิงปืน (ภาพที่ 2A) โดยเฉพาะบริเวณระหว่างง่ามนิ้วแม่มือกับนิ้วชี้ (ภาพที่ 2B) ทำการกดซ้ำไปเรื่อย ๆ จนมั่นใจว่าได้ปริมาณเขม่าปืนที่เพียงพอต่อการวิเคราะห์ แล้วนำเข้าสู่เครื่องมือวิเคราะห์ ในขั้นตอนต่อไป

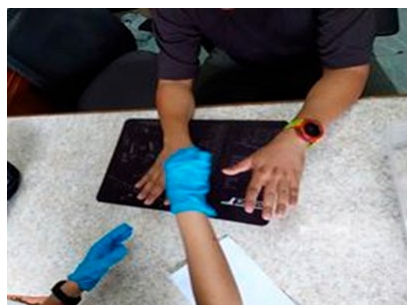


(A)



(B)

ภาพที่ 1 ปืนพกสั้นมาตรฐาน Glock INC SMYRNA GA ขนาด 9 มม. กับกระสุนปืน NRC Luger ขนาด 9 มม. (A) และปืนแบล็กกัน Glock KUZHEY GN19 ขนาด 9 มม. กับกระสุนแบล็กกัน Ozkursan P.A.K. ขนาด 9 มม. (B)



(A)



(B)

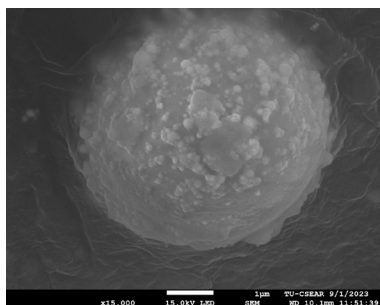
ภาพที่ 2 การเก็บตัวอย่างเขม่าปืนบนมือขวาของผู้ยิง (A) และการเก็บตัวอย่างเขม่าปืนบริเวณง่ามนิ้วมือของผู้ยิง (B)

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

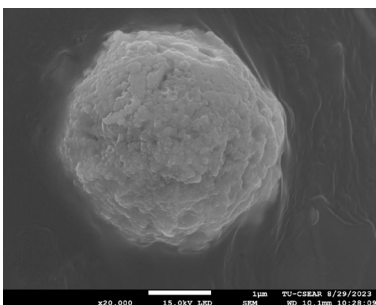
1. ผลการวิเคราะห์รูปร่างและขนาดอนุภาค ด้วยเทคนิค Scanning Electron Microscope

1.1 เขม่าจากกระสุนปืนจริง เก็บตัวอย่างที่เวลา 0 นาที

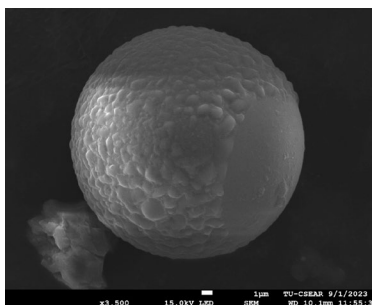
เขม่าปืนจากการยิงด้วยปืนพกสั้นมาตรฐาน (ปืนจริง) ขนาด 9 มม. เก็บตัวอย่างเขม่าปืนที่เวลา 0 นาที จากการยิง 3 ครั้ง พบว่าเขม่าปืนมีลักษณะทรงกลม ผิวขรุขระ มีขนาดอนุภาคเล็กสุดและใหญ่สุดที่ $3.500\ \mu\text{m}$ (ภาพที่ 3B) และ $19.900\ \mu\text{m}$ (ภาพที่ 3C) ตามลำดับ มีขนาดเฉลี่ย $9.586 \pm 8.980\ \mu\text{m}$



(A)



(B)

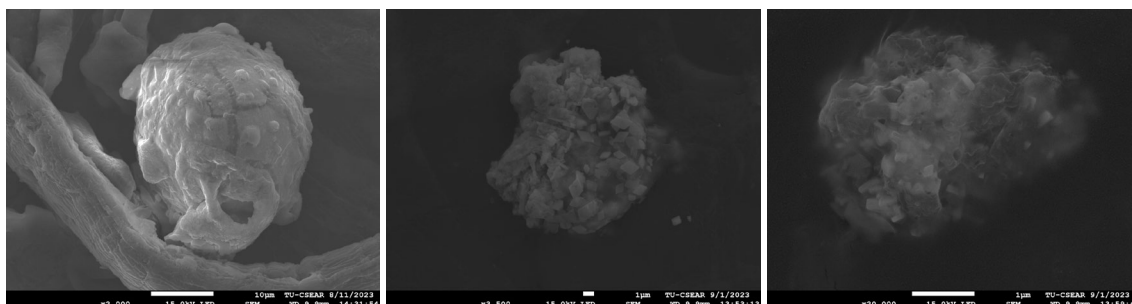


(C)

ภาพที่ 3 เขม่าจากกระสุนปืนจริงเก็บตัวอย่าง ที่เวลา 0 นาที (A) ครั้งที่ 1 มีขนาด $5.359\ \mu\text{m}$ ที่ $15,000\times$ (B) ครั้งที่ 2 มีขนาด $3.500\ \mu\text{m}$ ที่ $20,000\times$ (C) ครั้งที่ 3 มีขนาด $19.900\ \mu\text{m}$ ที่ $3,000\times$

1.2 เหม้าจากกระสุนปืนแบลงค์กัน เก็บตัวอย่างที่เวลา 0 นาที่

เหม้าปืนจากการยิงด้วยปืนแบลงค์กัน ขนาด 9 มม. เก็บตัวอย่างเหม้าปืนที่เวลา 0 นาที่ จากการยิง 3 ครั้ง พบว่าเหม้าปืนมีลักษณะรูปร่างไม่แน่นอน ผิวขรุขระ มีขนาดอนุภาคเล็กสุดและใหญ่สุดที่ $3.166\text{ }\mu\text{m}$ (ภาพที่ 4C) และ $28.112\text{ }\mu\text{m}$ (ภาพที่ 4A) ตามลำดับ มีขนาดเฉลี่ย $15.765 \pm 12.475\text{ }\mu\text{m}$



(A)

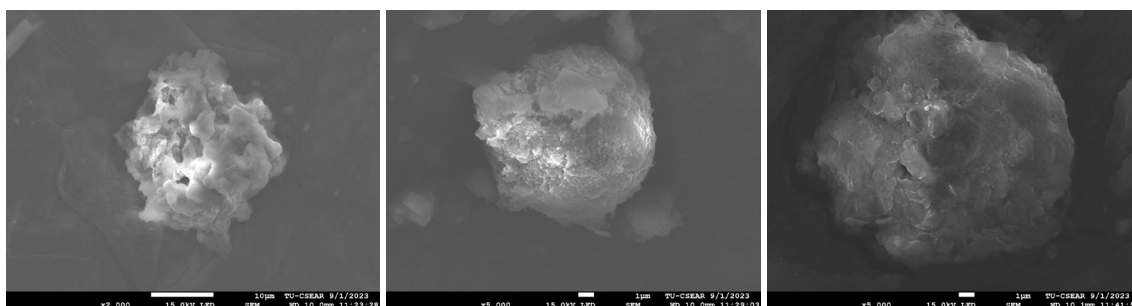
(B)

(C)

ภาพที่ 4 เหม้าจากกระสุนปืนแบลงค์กันเก็บตัวอย่าง ที่เวลา 0 นาที่ (A) ครั้งที่ 1 มีขนาด $28.112\text{ }\mu\text{m}$ ที่ 2,000x (B) ครั้งที่ 2 มีขนาด $16.016\text{ }\mu\text{m}$ ที่ 3,500x (C) ครั้งที่ 3 มีขนาด $3.166\text{ }\mu\text{m}$ ที่ 20,000x

1.3 เหม้าจากกระสุนปืนจริง เก็บตัวอย่างที่เวลา 30 นาที่

เหม้าปืนจากการยิงด้วยปืนพกสั้นมาตรฐาน (ปืนจริง) ขนาด 9 มม. เก็บตัวอย่างเหม้าปืนที่เวลา 30 นาที่ จากการยิง 3 ครั้ง พบว่าเหม้าปืนมีลักษณะทรงกลม ผิวขรุขระ มีขนาดอนุภาคเล็กสุดและใหญ่สุดที่ $2.445\text{ }\mu\text{m}$ (ภาพที่ 5A) และ $31.359\text{ }\mu\text{m}$ (ภาพที่ 5B) ตามลำดับ มีขนาดเฉลี่ย $16.447 \pm 14.479\text{ }\mu\text{m}$



(A)

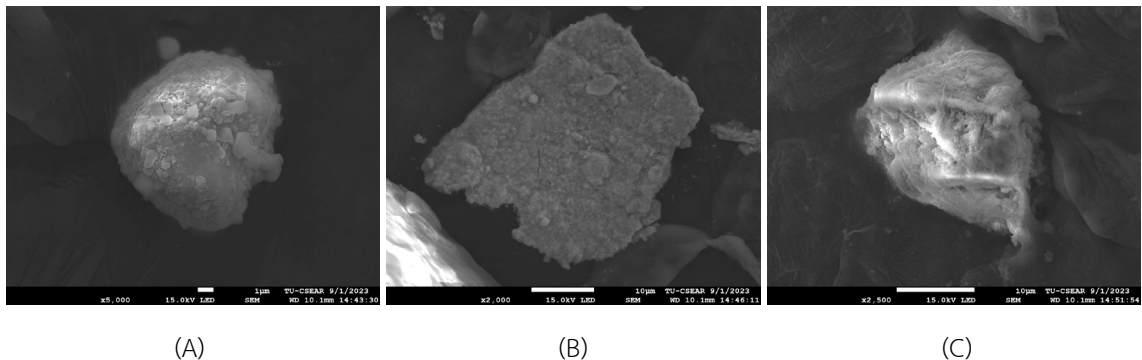
(B)

(C)

ภาพที่ 5 เหม้าจากกระสุนปืนจริงเก็บตัวอย่างที่เวลา 30 นาที่ (A) ครั้งที่ 1 มีขนาด $2.445\text{ }\mu\text{m}$ ที่ 2,000x (B) ครั้งที่ 2 มีขนาด $31.359\text{ }\mu\text{m}$ ที่ 5,000x (C) ครั้งที่ 3 มีขนาด $15.536\text{ }\mu\text{m}$ ที่ 5,000x

1.4 เหม้าจากกระสุนปืนแบลงค์กัน เก็บตัวอย่างที่เวลา 30 นาที่

เหม้าปืนจากการยิงด้วยปืนแบลงค์กัน ขนาด 9 มม. เก็บตัวอย่างเหม้าปืนที่เวลา 30 นาที่ จากการยิง 3 ครั้ง พบว่าเหม้าปืนมีลักษณะค่อนข้างกลมและรูปร่างไม่แน่นอน ผิวขรุขระ มีขนาดอนุภาคเล็กสุดและใหญ่สุดที่ $2.246\text{ }\mu\text{m}$ (ภาพที่ 6C) และ $9.452\text{ }\mu\text{m}$ (ภาพที่ 6A) ตามลำดับ มีขนาดเฉลี่ย $5.369 \pm 3.698\text{ }\mu\text{m}$



ภาพที่ 6 เหม้าจากกระสุนปืนแบลงค์กันเก็บตัวอย่างที่เวลา 30 นาที (A) ครั้งที่ 1 มีขนาด $9.452 \mu\text{m}$ ที่ $5,000\times$ (B) ครั้งที่ 2 มีขนาด $4.410 \mu\text{m}$ ที่ $2,000\times$ (C) ครั้งที่ 3 มีขนาด $2.246 \mu\text{m}$ ที่ $2,500\times$

จากผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค SEM ในการศึกษาลักษณะรูปร่างและขนาดอนุภาคเหม้าปืนจากกระสุนปืนจริง พบว่าเหม้าปืนมีอนุภาคลักษณะค่อนข้างกลมและบางจุดมีลักษณะเป็นวงรี แฉกๆ ดังภาพที่ 3 และภาพที่ 5 ขนาดอนุภาคโดยเฉลี่ยมีขนาดใหญ่มากขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป ในขณะที่ลักษณะและขนาดอนุภาคเหม้าปืนจากกระสุนปืนแบลงค์กันพบว่า มีลักษณะรูปร่างที่ไม่แน่นอนอาจมีลักษณะทรงกลมแต่ไม่เหมือนอนุภาคเหม้าปืนจากกระสุนปืนจริงดังภาพที่ 4 และภาพที่ 6 ขนาดอนุภาคโดยเฉลี่ยมีขนาดเล็กลงเมื่อเวลาผ่านไป และเมื่อทำการเปรียบเทียบขนาดอนุภาคเหม้าปืนจากกระสุนปืนจริงและแบลงค์กันพบว่าเก็บตัวอย่างที่เวลา 0 นาที เหม้าจากกระสุนปืนแบลงค์กันมีขนาดเฉลี่ย $15.765 \mu\text{m}$ ใหญ่กว่าเหม้าจากกระสุนปืนจริงที่มีค่าเฉลี่ย $9.586 \mu\text{m}$ และเก็บตัวอย่างเมื่อเวลา 30 นาที เหม้าจากกระสุนปืนแบลงค์กันมีขนาดเฉลี่ย $5.369 \mu\text{m}$ เล็กกว่าเหม้าจากกระสุนปืนจริงที่มีขนาด $16.447 \mu\text{m}$ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยระยะการยิง ความแรงของปืน (แรงดัน) และชนิดของปืน อนุภาคเหม้าปืนจากกระสุนปืนจริงจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค SEM มีความสอดคล้องกับงานวิจัยทั้งภายในประเทศและต่างประเทศที่ทำการศึกษาลักษณะรูปร่างของเหม้าปืน ซึ่งงานวิจัยของ Ratchakhom (2020) ได้ศึกษาเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของเหม้าปืนด้วยเทคนิค SEM-EDX ผลการศึกษาพบว่าเหม้าปืนมีอนุภาคลักษณะค่อนข้างกลมและบางจุดมีลักษณะเป็นวงรี และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chinaworn (2004) ที่กล่าวถึงรูปร่างของอนุภาคเหม้าปืนมีรูปร่างค่อนข้างกลม แฉกๆ มีขนาดอนุภาคในช่วง 2-31 ไมครอน ซึ่งมีธาตุองค์ประกอบคือ Pb Ba และ Sb จากงานวิจัยพบว่ารูปร่างอนุภาคของเหม้าปืนจะเปลี่ยนแปลงไปจากทรงกลมเมื่อเวลาผ่านไป ทั้งนี้เนื่องจากปัจจัยทางอุณหภูมิและแรงดันที่สูงที่เกิดขึ้นจากการยิง อนุภาคเหม้าปืนจึงมีสถานะเป็นของเหลวในระยะแรก พลังงานส่วนเกินและแรงที่ไม่สมดุลส่งผลต่อละอองของอนุภาคเหม้าปืน ซึ่งอนุภาคเหม้าปืน ในสถานะของเหลวจะแข็งตัวเป็นหยดทรงกลมที่มีพื้นที่ผิวน้อยที่สุดในปริมาตรเดียวกันเพื่อให้ได้ระดับพลังงานต่ำสุด โดยจะให้รูปร่างของเหม้าปืนที่มีลักษณะกลมในระยะแรก (Kara, 2022) ในขณะที่ข้อมูลรูปร่าง สัณฐานวิทยาของอนุภาคเหม้าปืนจากกระสุนปืนแบลงค์กันในงานวิจัยพบว่าลักษณะรูปร่างที่ไม่แน่นอน อาจมีลักษณะทรงกลมแต่ไม่เหมือนอนุภาคเหม้าปืนจากกระสุนปืนจริง อาจเนื่องจากดินปืนที่บรรจุในกระสุนแบลงค์กันอยู่ในกลุ่มดินปืนไพโรเทคนิค (Pyrotechnic) ซึ่งจะให้ผลผลิตเป็นความร้อน แสง เสียง เกิดก๊าซหรือควัน มีดินระเบิดที่เผาไหม้อย่างรวดเร็วและผลิตก๊าซจำนวนมากในเวลาสั้น รวมทั้งมีแรงดันที่ต่ำกว่า ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งของการเกิดรูปร่างของ ลักษณะเหม้าปืน ในขณะที่ข้อมูลของขนาดอนุภาคเหม้าปืนที่ได้จากงานวิจัยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1 – 30 ไมครอน เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Vongsakul & Sukawat (2014) ที่ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณและขนาดอนุภาคของธาตุเหม้าปืนที่เกิดจากการยิง ปืนชนิดรีวอลเวอร์ พบว่าขนาดอนุภาคของธาตุเหม้าปืนส่วนใหญ่มีลักษณะกลม มีขนาดตั้งแต่ 0.1 ไมครอน จนถึง 30 ไมครอน

2. ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของธาตุเขม่าปืน ด้วยเทคนิค Energy Dispersive X-ray Spectroscopy

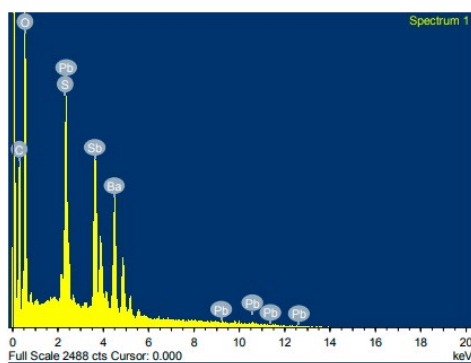
ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบชนิดและปริมาณของธาตุเขม่าปืนจากปืนพลก้านมาตรฐาน (เป็นจริง) และปืนแบลงค์กันเก็บตัวอย่างเขม่าปืนที่ เวลา 0 นาที และที่เวลา 30 นาที (Element %)

ธาตุ	ปริมาณร้อยละของธาตุเขม่าปืนจากปืนจริงและปืนแบลงค์กันเก็บตัวอย่างเขม่าปืนที่เวลา 0 นาที											
	และที่เวลา 30 นาที (Element %)											
	GUN0 ครั้งที่ 1	GUN0 ครั้งที่ 2	GUN0 ครั้งที่ 3	GUN30 ครั้งที่ 1	GUN30 ครั้งที่ 2	GUN30 ครั้งที่ 3	BG0 ครั้งที่ 1	BG0 ครั้งที่ 2	BG0 ครั้งที่ 3	BG30 ครั้งที่ 1	BG30 ครั้งที่ 2	BG30 ครั้งที่ 3
S	8.46	0.73	4.91	0.71	-	-	3.90	3.66	0.25	0.27	-	-
Cr	-	9.34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca	-	-	-	1.41	9.13	0.53	-	-	-	-	-	7.97
Fe	-	33.62	-	-	0.55	2.66	-	-	0.40	-	-	6.33
Cu	-	-	-	-	-	-	-	-	0.81	-	-	-
K	-	-	-	7.33	0.30	2.04	-	-	-	-	-	1.13
Cl	-	-	-	8.34	-	0.25	1.11	5.58	1.54	0.65	4.55	0.90
As	-	-	-	-	-	-	0.31	-	-	-	0.05	-
Ti	-	-	-	-	-	0.42	-	-	-	-	-	-
Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.05	-	-
Ni	-	1.27	-	-	-	-	-	-	-	1.84	2.33	0.84
Sb	23.73	1.23	22.71	-	0.39	0.10	9.65	3.19	1.81	2.61	15.73	0.27
Ba	18.47	3.60	27.33	0.28	0.24	-	23.80	11.67	2.36	31.59	1.20	0.59
Pb	19.69	2.64	8.04	0.38	-	0.37	12.06	14.10	4.86	2.31	42.21	0.28

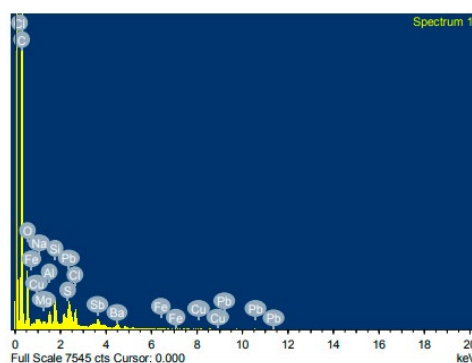
หมายเหตุ : GUN0 หมายถึง เขม่าจากกระสุนปืนจริง เก็บตัวอย่างที่เวลา 0 นาที
GUN30 หมายถึง เขม่าจากกระสุนปืนจริง เก็บตัวอย่างที่เวลา 30 นาที
BG0 หมายถึง เขม่าจากกระสุนปืนแบลงค์กัน เก็บตัวอย่างที่เวลา 0 นาที
BG30 หมายถึง เขม่าจากกระสุนปืนแบลงค์กัน เก็บตัวอย่างที่เวลา 30 นาที

จากตารางที่ 1 ในการศึกษาปริมาณธาตุองค์ประกอบในเขม่าปืนจากกระสุนปืนจริงและกระสุนแบลงค์กัน พบว่าในการเก็บตัวอย่างทันทีภายหลังจากการยิงหรือที่เวลา 0 นาที สามารถพบธาตุองค์ประกอบหลัก ทั้ง Pb Ba และ Sb และธาตุอื่น ๆ เป็นองค์ประกอบ (ภาพที่ 7A และ ภาพที่ 7B) โดยมีปริมาณร้อยละเฉลี่ยของธาตุองค์ประกอบหลักที่ไม่แตกต่างกันมาก โดยเขม่าจากกระสุนปืนจริงธาตุองค์ประกอบหลักที่พบมากที่สุด คือ Ba รองมาด้วย Sb และ Pb ตามลำดับ ในขณะที่เขม่าจากกระสุนปืนแบลงค์กันธาตุองค์ประกอบหลักที่พบมากที่สุด คือ Ba รองมาด้วย Pb และ Sb ตามลำดับ ส่วนข้อมูลจากการเก็บตัวอย่างภายหลังจากการยิงที่เวลา 30 นาที เขม่าจากกระสุนปืนจริงไม่พบ Sb Ba และ Pb จากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ (ภาพที่ 7C) ขณะที่เขม่าจากกระสุนปืนแบลงค์กันพบทั้ง Sb Ba และ Pb (ภาพที่ 7D) ปริมาณร้อยละเฉลี่ยของธาตุองค์ประกอบหลักเขม่ากระสุนปืนจริงและกระสุนปืนแบลงค์กันมีความสอดคล้องกัน คือ Pb รองมาด้วย Ba และ Sb ตามลำดับ เป็นไปในทิศทางเดียวกับข้อมูลงานวิจัยของ Silvia et al. (2020) ที่ทำการศึกษาเขม่าปืนจริงบนสิ่งทอประเภทต่าง ๆ จากการใช้เทคนิค ICP-OES พบว่าธาตุที่พบมากที่สุด คือ Pb รองมาคือ Ba และ Sb ตามลำดับ ทั้งนี้ปริมาณธาตุองค์ประกอบที่พบ ขึ้นอยู่กับการควบคุมในการเก็บตัวอย่าง การทำการค้นหาโครงสร้างจุลภาคของตัวอย่าง

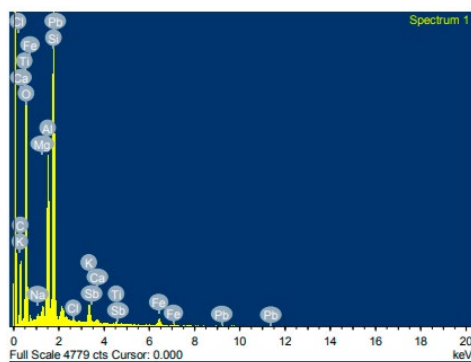
(Manual search) ด้วยเทคนิค SEM-EDX รวมถึงชนิดและยี่ห้อของกระสุนปืน เนื่องจากกระสุนปืนแต่ละยี่ห้อมีการบรรจุธาตุองค์ประกอบในปริมาณที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพและประสิทธิภาพในการเผาไหม้และการใช้งาน



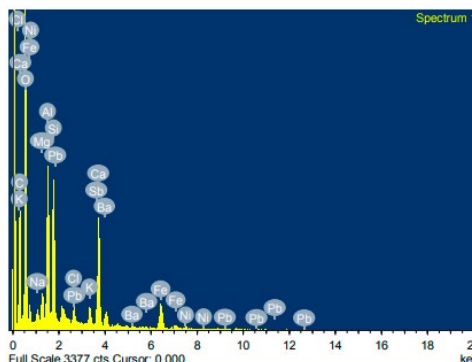
(A) กระสุนปืนจริงเก็บตัวอย่างที่เวลา 0 นาที



(B) กระสุนปืนแบลงค์กันเก็บตัวอย่างที่เวลา 0 นาที



(C) กระสุนปืนจริงเก็บตัวอย่างที่เวลา 30 นาที



(D) กระสุนปืนแบลงค์กันเก็บตัวอย่างที่เวลา 30 นาที

ภาพที่ 7 Spectrum ปริมาณธาตุองค์ประกอบในเขม่าจากกระสุนปืนจริงและแบลงค์กันเก็บตัวอย่างที่เวลา 0 นาที และ 30 นาที

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบปริมาณธาตุองค์ประกอบหลักในเขม่าปืนระหว่างกระสุนปืนจริงและกระสุนแบลงค์กันเก็บตัวอย่างเขม่าปืนที่เวลา 0 นาที และ 30 นาทีด้วยเทคนิค EDX

ประเภทกระสุนปืน	ปริมาณร้อยละของธาตุที่เป็นองค์ประกอบหลัก (ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD)		
	Pb	Ba	Sb
(A) กระสุนปืนจริงเก็บตัวอย่างที่เวลา 0 นาที	10.12 $\pm$ 8.71	16.47 $\pm$ 11.99	15.89 $\pm$ 12.71
(B) กระสุนปืนแบลงค์กันเก็บตัวอย่างที่เวลา 0 นาที	10.34 $\pm$ 4.85	12.61 $\pm$ 10.75	4.88 $\pm$ 4.19
(C) กระสุนปืนจริงเก็บตัวอย่างที่เวลา 30 นาที	0.25 $\pm$ 0.22	0.17 $\pm$ 0.15	0.16 $\pm$ 0.20
(D) กระสุนปืนแบลงค์กันเก็บตัวอย่างที่เวลา 30 นาที	14.93 $\pm$ 23.64	11.13 $\pm$ 17.72	6.20 $\pm$ 8.33

จากตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบปริมาณธาตุองค์ประกอบหลัก Pb Ba และ Sb ในเขม่าป็นด้วยเทคนิค EDX ระหว่างกระสุนปืนจริงและกระสุนแบบลวงกัน เก็บตัวอย่างเขม่าป็นที่เวลา 0 นาที และ 30 นาที ยิงซ้ำจำนวน 3 ครั้ง พบว่า Pb พบมากที่สุด คือ ร้อยละ 14.93 ± 23.64 ในเขม่าจากกระสุนปืนแบบลวงกันเก็บตัวอย่างที่เวลา 30 นาที ขณะที่ Ba และ Sb พบมากที่สุด คือ ร้อยละ 16.47 ± 11.99 และ 15.89 ± 12.71 ตามลำดับ ในเขม่าจากกระสุนปืนจริงเก็บตัวอย่างที่เวลา 0 นาที ดังแสดงในภาพที่ 7

จากภาพที่ 7 เปรียบเทียบตัวอย่างภายหลังจากการยิงที่เวลา 0 นาที เขม่าจากกระสุนปืนจริงธาตุองค์ประกอบหลักที่พบมากที่สุด คือ Ba Sb และ Pb ตามลำดับ ในขณะที่เขม่าจากกระสุนปืนแบบลวงกันธาตุองค์ประกอบหลักที่พบมากที่สุด คือ Ba Pb และ Sb ตามลำดับ ส่วนข้อมูลจากการเก็บตัวอย่างภายหลังจากการยิงที่เวลา 30 นาที ธาตุองค์ประกอบหลักที่พบมากที่สุด ในเขม่ากระสุนปืนจริงและจากปืนแบบลวงกันมีความสอดคล้องกัน คือ Pb Ba และ Sb ตามลำดับ ทั้งนี้เมื่อเวลาผ่านไปธาตุองค์ประกอบหลักในเขม่าป็นจากกระสุนปืนจริงจะมีร้อยละเฉลี่ยลดลง ในขณะที่ธาตุองค์ประกอบหลักในเขม่าป็นจากกระสุนปืนแบบลวงกันมีร้อยละเฉลี่ยเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจมีเหตุผลอันเนื่องมาจากปริมาณของส่วนประกอบในเก็บปืน (Primer) ที่แตกต่างกันระหว่างกระสุนปืนจริงและกระสุนแบบลวงกัน ซึ่งกระสุนแบบลวงกันบรรจุดินดอกไม้เพลิงชนิดในกลุ่มไพโรเทคนิค มีสารเคมีที่ใช้ในการผลิตที่ให้ออกซิเจน (Oxidizing agent) ซึ่งได้แก่ โพแทสเซียมไนเตรต (KNO_3) โพแทสเซียมคลอเรต (KClO_3) และโพแทสเซียมเปอร์คลอเรต (KClO_4) (Thailand Institute of Occupational Safety and Health, n.d.) ทั้งนี้สาร Oxidizing agent ข้างต้นอาจมีผลในการทำปฏิกิริยาที่ส่งผลให้ธาตุองค์ประกอบหลักที่ตรวจพบในเขม่าจากกระสุนแบบลวงกันมีปริมาณเพิ่มขึ้น อีกทั้งอาจเนื่องมาจากเมื่อเวลาผ่านไปธาตุองค์ประกอบที่เพิ่มขึ้นอาจมาจากสภาวะแวดล้อม การควบคุมในการเก็บตัวอย่าง การทำการค้นหาโครงสร้างจุลภาคของตัวอย่าง (Mingchanid & Kulnides, 2017)

สรุป

เทคนิค SEM-EDX สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์เขม่าป็นได้ โดยพิจารณาจากลักษณะรูปร่างและขนาดของตัวอย่างที่น่าสงสัยโดยลักษณะรูปร่างของเขม่าป็นจากกระสุนปืนจริงมีแนวโน้มที่จะเป็นทรงกลมมากกว่าเขม่าจากกระสุนแบบลวงกัน การนำเทคนิค SEM มาใช้ในการตรวจวิเคราะห์เขม่าป็นจึงมีข้อดีในตรวจวิเคราะห์เชิงคุณภาพ และสามารถยืนยันได้ทันทีว่าเป็นเขม่าป็นถ้าตรวจพบ unique particles ในขณะที่การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงปริมาณยังมีความแม่นยำที่ต่ำกว่าเทคนิค ICP-MS ซึ่งเนื่องจากปัจจุบันกลุ่มงานตรวจวิเคราะห์เขม่าป็นของสำนักงานพิสูจน์หลักฐานตำรวจนิยมใช้เทคนิค ICP-MS เป็นหลัก ดังนั้นการนำเทคนิค SEM-EDX มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์เขม่าป็นจึงเป็นแนวทางเลือกหนึ่งของงานพิสูจน์หลักฐานได้ อีกทั้งเทคนิค SEM-EDX ไม่ต้องใช้สารเคมีในการเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์และใช้เวลาที่น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเทคนิค ICP-MS ที่ต้องใช้สารเคมีในการเตรียมตัวอย่าง ซึ่งจำเป็นต้องใช้ผู้มีความชำนาญในการวิเคราะห์ รวมถึงต้องใช้ก๊าซเฉื่อยในการวิเคราะห์ทำให้มีค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ที่มากกว่าอีกด้วย ทั้งนี้เพื่อนำผลการวิจัยที่ได้เป็นฐานข้อมูลในการทำงานด้านนิติวิทยาศาสตร์ ในขณะที่เทคนิค EDX เขม่าจากกระสุนปืนจริงเมื่อเวลาผ่านไป 30 นาที พบว่าปริมาณธาตุองค์ประกอบหลัก Pb Ba และ Sb ลดลงต่ำกว่าร้อยละ 1 แต่เขม่าจากกระสุนปืนแบบลวงกันเมื่อเวลาผ่านไป 30 นาที พบว่าปริมาณธาตุ Pb เพิ่มขึ้น ขณะที่ Ba และ Sb ยังมีปริมาณลดลงไม่ชัดเจนเท่ากับกระสุนจริง จึงมีความเป็นไปได้ในการนำข้อมูลปริมาณธาตุองค์ประกอบหลักที่พบในเขม่าป็นมาประยุกต์จำแนกประเภทของปืนได้

เอกสารอ้างอิง

- Chinaworn, W.(2004). **Gunshot residue analysis by SEM/EDX**. (Master thesis). Silpakorn University, Nakhon Pathom.
- Demirci, S., Hakan, H. K. & Koc, S. (2011). Fatal injury by an unmodified blank pistol: A case report and review of the literature. **Journal of Forensic and Legal Medicine**, **18**, 237-241.
- Jithkaroon, C. & Vichuwanich, W. (2021). Trend of Gunshot Residue Examination in Thailand. **Research Journal Rajamangala University of Technology Thanyaburi**, **20**(1), 9-20. (In Thai)
- Kara, I. (2022). The Relationship Between Gunshot-Residue Particle Size and Boltzmann Distribution. **Forensic Sciences Research**, **7**(2), 47-52.
- Lewinski, W. J., Hudson, W. B., Karwoski, D. & Redmann, C. J. (2010). Fired Cartridge Case Ejection Patterns from Semi-Automatic Firearms. **Investigative Sciences Journal**, **2**(3), 1-32.
- Mingchanid, P. & Kulnides, N. (2017). Study on Persistence of Gunshot Residue After Shooting From 9 mm Pistol on Back of Hands and Palms with Different Persistent Duration and Bullet Types. **KKU Research Journal**, **17**(3), 8-18.
- Ratchakhom, P. (2020). **Comparison of the Physical Characteristics and Gunshot Residue in Fabrics after Firing with SEM/EDX Technique** (Master thesis). Royal Police Cadet Academy, Nakhon Pathom.
- Thailand Institute of Occupational Safety and Health. (n.d.). **Ancient firework The miracle of Thai wisdom**. Retrieved from <https://www.aimconsultant.com/th/infomation/gQSt2.pdf> [2024, 22 Mar.]
- Silvia, F., Profumo, A., Alberini, G., Bonomi, S., Milanese, C., Donghi, M., Amadasi, A., Patrini, M., Cucca, L. & Merli, D. (2020). Interaction of gunshot residues (GSR) with natural and synthetic textiles having different structural features. **Talanta Open**, **62**(2), 122-138.
- Spathis, V. (2017). Impact-disrupted gunshot residue: A sub-micron analysis using a novel collection protocol. **Defence Technology**, **13**(3), 143-149.
- Vongsakul, T. & Sukawat, S. (2014). The study of comparison between distribution and properties of gunshot residue by shooting the revolvers size .38 with difference of caliber. **E-Journal Science and Technology Silpakorn University**, **1**(2), 12-23. (In Thai)

การเพิ่มประสิทธิภาพการทำความสะอาดสายพานเกลียวโดยใช้เทคโนโลยีอัลตราโซนิกส์ ENHANCING THE EFFICIENCY OF SPIRAL CONVEYOR BELT CLEANING USING ULTRASONIC TECHNOLOGY

กรรณกมล แสนสawat¹ เขมฤทัย ตามะพัฒน์^{2*} สุวลักษณ์ อัสวสันติ^{3,4} และ สุวิช ศิริวัฒนโยธิน¹

¹สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี บางมด กรุงเทพมหานคร 10140

²ศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์และวิศวกรรมศาสตร์เพื่อคำตอบของสังคม ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี บางมด กรุงเทพมหานคร 10140

³ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพอาหาร คณะเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ กรุงเทพมหานคร 10240

⁴ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพมหานคร 10900

Kankamon Sansawat¹, Kheamrutai Thamaphat^{2*}, Suvaluk Asavasanti^{3,4} and Suwit siriwattanayotin¹

¹Department of Food Engineering, Faculty of Food Engineering,

King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangmod, Bangkok 10140

²Applied Science and Engineering for Social Solution Research Center,

Department of Physics, Faculty of Science,

King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangmod, Bangkok 10140

³Department of Food Biotechnology, Faculty of Biotechnology,

Assumption University, Bangkok 10240

⁴Department of Biotechnology, Faculty of Agro-Industry,

Kasetsart University, Bang Khen, Bangkok 10900

*E-mail: kheamrutai.tha@kmutt.ac.th

Received: 2024-05-31

Revised: 2024-06-17

Accepted: 2024-06-19

บทคัดย่อ

ในอุตสาหกรรมอาหารโดยเฉพาะการแปรรูปผลิตภัณฑ์ไก่สดตัดแต่งและไก่แปรรูปแช่แข็งสหภาพยุโรป (EU) เป็นตลาดส่งออกที่สำคัญ โดยมีมาตรฐานด้านสุขอนามัยและความปลอดภัยอาหารที่เข้มงวด การรักษาความสะอาดและสุขอนามัยของอุปกรณ์การผลิตจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง สายพานลำเลียงแบบเกลียวซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายในกระบวนการแปรรูปไก่ มักจะสะสมคราบไขมัน น้ำมัน แป้ง และเศษเนื้อไก่ ซึ่งสามารถเป็นแหล่งเพาะเชื้อจุลินทรีย์ ปัจจุบันการฉีดน้ำแรงดันสูงร่วมกับสารทำความสะอาดเป็นวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายแต่มีข้อจำกัดหลายประการ ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอเทคโนโลยีการทำความสะอาดด้วยอัลตราโซนิกส์เพื่อศึกษาผลของชนิดของตัวกลาง อุณหภูมิตัวกลาง และระยะเวลาในการทำความสะอาดต่อประสิทธิภาพการทำความสะอาด ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้เทคโนโลยีอัลตราโซนิกส์ที่ความถี่ 40 กิโลเฮิร์ตซ์ กำลัง 200 วัตต์ และน้ำรีเวอร์สออสโมซิส (RO) ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส สามารถทำความสะอาดสายพานลำเลียงขนาด 15.75 เมตร ได้อย่างสมบูรณ์ภายใน 4.5 นาที เมื่อนำวิธีการนี้ไปประยุกต์ใช้กับสายพานลำเลียงยาว 350 เมตร เวลาทำความสะอาดจะลดลงจาก 100 นาที เหลือเพียง 50 นาที ซึ่งทำให้สามารถ

เพิ่มกำลังการผลิตได้ประมาณ 63 ตันต่อเดือน และประหยัดค่าน้ำ แสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยีการทำความสะอาดด้วยอัลตราโซนิกที่นำเสนอในงานวิจัยนี้มีประสิทธิภาพสูง และสามารถนำไปใช้จริงในอุตสาหกรรมได้

คำสำคัญ: การทำความสะอาด ระบบสายพานเกลียว สายพานลวดตาข่าย อัลตราโซนิกส์

ABSTRACT

In the food industry, particularly in processing fresh-cut and frozen chicken products, the European Union (EU) is a major export market with stringent hygiene and food safety standards. Maintaining the cleanliness and hygiene of production equipment is crucial. Spiral conveyor belts, commonly used in chicken processing, often accumulate grease, oil, starch, and chicken residues, which can harbor microorganisms. Nowadays, high-pressure water jetting combined with cleaning agents is widely used but has several limitations. This study introduces ultrasonic cleaning technology to examine the effects of the cleaning medium type, medium temperature, and cleaning duration on cleaning efficacy. Experimental results show that using ultrasonic technology at a frequency of 40 kHz, power of 200 watts, and RO water at 55 °C can fully clean a 15.75 meter conveyor belt in 4.5 minutes. When applied to a 350 meter conveyor belt, cleaning time is reduced from 100 minutes to 50 minutes, increasing production capacity by approximately 63 tons per month and saving water costs. This demonstrates that ultrasonic cleaning technology is highly efficient and can be practically implemented in industrial settings.

Keyword: Cleaning, Spiral Conveyor Belt, Wire Mesh Belt, Ultrasonic

บทนำ

ในอุตสาหกรรมอาหารโดยเฉพาะอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ไก่สดตัดแต่งและไก่แปรรูปแช่แข็งเป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์อาหารของไทยที่มีปริมาณการส่งออกสูง และติดอันดับ 1 ใน 10 ของผลิตภัณฑ์อาหารที่สร้างรายได้ให้แก่ประเทศ (GFPT Public Company Limited, 2022) ซึ่งสหภาพยุโรป (European Union หรือ EU) เป็นตลาดส่งออกที่สำคัญที่สุดของไทย มีกฎระเบียบควบคุมการผลิต การค้า และการนำเข้าเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากสัตว์ที่เข้มงวดเพื่อรับรองว่าสินค้าที่นำเข้ามีคุณภาพและมาตรฐานด้านสุขอนามัย ความปลอดภัยอาหาร และมีสวัสดิภาพสัตว์ในระดับสูง เช่นเดียวกับสินค้าที่ผลิตใน EU (Office of Agricultural Affairs, Royal Thai Embassy, Brussels, 2021) ดังนั้นการรักษามาตรฐานความสะอาด (Cleanliness) และสุขอนามัย (hygiene) ของอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งในการรับรองคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื่องจากหากเกิดการปนเปื้อนแม้เพียงน้อยก็สามารถนำไปสู่ความเสี่ยงอย่างมากด้านสุขภาพของผู้บริโภค และอาจมีผลกระทบต่อภาพลักษณ์ของประเทศและเศรษฐกิจด้านการส่งออก (European Food Safety Authority, 2020; Official Journal of the European Union, 2021)

สายพานลำเลียงแบบเกลียว (Spiral conveyor belt) นับว่าเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมการผลิตไก่สดตัดแต่งและไก่แปรรูปแช่แข็งเนื่องจากถูกใช้อย่างแพร่หลายในการขนส่งผลิตภัณฑ์ผ่านขั้นตอนต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตและบรรจุภัณฑ์ (ShinBen, 2023) สายพานลำเลียงนี้มักจะมีการสะสมของคราบไขมัน น้ำมัน แป้ง และเศษเนื้อไก่ที่ตกค้างจากกระบวนการผลิตซึ่งเป็นแหล่งเพาะเชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ ส่งผลต่อความปลอดภัยทางด้านอาหาร อย่างไรก็ตามสายพานลำเลียงแบบเกลียวมีโครงสร้างที่ซับซ้อน ดังนั้นการเลือกวิธีการทำความสะอาดสายพานอย่างมีประสิทธิภาพจึงเป็นเรื่องที่ท้าทาย (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2013; Gibson et al., 1999)

โดยวิธีการดังกล่าวต้องเป็นวิธีการที่สามารถกำจัดสิ่งสกปรกและสิ่งปนเปื้อนบนสายพานออกได้หมดแม้ว่าจะเป็นพื้นที่ที่ยากจะเข้าถึง และต้องใช้ระยะเวลาและทรัพยากรต่าง ๆ เช่น น้ำ สารทำความสะอาด และพลังงานให้น้อยที่สุด เป็นวิธีการที่ปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงานและสิ่งแวดล้อม ประหยัดค่าใช้จ่าย และสามารถนำไปประยุกต์ใช้จริงในสถานประกอบการได้

ปัจจุบันการใช้น้ำแรงดันสูง (High-pressure water jetting) ร่วมกับการทำความสะอาดในการล้างสิ่งสกปรกออกจากสายพานเป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับและใช้กันอย่างแพร่หลาย (Graves, 2007; Westerlund, 1994) อย่างไรก็ตาม การใช้วิธีนี้ในการทำความสะอาดสายพานยังคงประสบปัญหาอยู่หลายประการ เช่น อาจก่อให้เกิดปัญหาการแขวนลอยของละอองน้ำ สิ่งสกปรก หรือแม้กระทั่งเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศซึ่งไม่ถูกต้องตามหลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิตอาหาร (Good manufacturing practice หรือ GMP) ไม่สามารถทำความสะอาดสายพานได้อย่างมีประสิทธิภาพภายในระยะเวลาที่กระบวนการผลิตกำหนดไว้ มีการใช้ปริมาณน้ำ และสารทำความสะอาดมากเกินไปซึ่งไม่เพียงแต่เพิ่มค่าใช้จ่ายในการดำเนินการแต่ยังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย (Gibson et al., 1999; Marriott & Gravani, 2006) นอกจากนี้ การใช้น้ำแรงดันสูงอาจไม่สามารถเข้าถึงบริเวณที่ยากจะเข้าถึงบนสายพานได้ดีพอทำให้ยังคงมีคราบไขมัน น้ำมัน แป้ง และเศษเนื้อไก่ตกค้างอยู่ส่งผลให้มีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ ดังนั้นจึงยังคงมีความจำเป็นที่จะต้องค้นหาวิธีการทำความสะอาดที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการทำความสะอาดสายพาน นอกจากการใช้น้ำแรงดันสูงแล้ว พบว่า มีการนำวิธีหรือเทคโนโลยีต่าง ๆ เหล่านี้มาประยุกต์ใช้ได้แก่ การใช้เครื่องขูด (Scrapers) การใช้ลูกกลิ้งแบบรีด (Beater roller) การแปรง (Brushing) การทำความสะอาดด้วยไอน้ำ (Steam cleaning) การใช้เทคโนโลยีโอโซน (Ozone technology) การทำความสะอาดโดยใช้แสงเลเซอร์ (Laser cleaning) และการทำความสะอาดด้วยอัลตราโซนิก (Ultrasonic cleaning) (Brandt, 2007; Tolvanen et al., 2009; Troller, 2012; Wright, 2003) เป็นต้น ท่ามกลางวิธีการต่าง ๆ เหล่านี้ การทำความสะอาดด้วยอัลตราโซนิกเป็นวิธีที่ใช้คลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20 กิโลเฮิร์ตซ์ เดินทางผ่านไปยังตัวกลางที่เป็นของเหลวซึ่งสัมผัสอยู่กับพื้นผิววัตถุที่ต้องการทำความสะอาดทำให้เกิดฟองอากาศขนาดเล็กในของเหลวเป็นจำนวนมากผ่านกระบวนการที่เรียกว่า การเกิดโพรง (Cavitation) เมื่อฟองอากาศที่อยู่ใกล้ ๆ กับพื้นผิวของวัตถุเกิดการยุบตัวลงอย่างรวดเร็ว (Cavitation implosion) จะปลดปล่อยพลังงานสูงออกมายังตัวกลางเกิดเป็นคลื่นกระแทก (Shock wave) ส่งผลให้อนุภาคสิ่งสกปรก คราบไขมัน และสารปนเปื้อนอื่น ๆ ที่เกาะติดบนพื้นผิววัตถุหลุดออกมาได้ (Zhou et al., 2022) ดังนั้นเมื่อนำเทคโนโลยีอัลตราโซนิกมาประยุกต์ใช้ในการทำความสะอาดสายพานจึงสามารถทำความสะอาดทุกซอกมุมของสายพานได้เป็นอย่างดี และลดการใช้สารทำความสะอาดได้แต่ในขณะเดียวกันวิธีการนี้ก็เป็วิธีที่ใช้พลังงานสูงและมีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบที่สูงกว่าวิธีการแบบดั้งเดิม (Crawford, 1968)

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยจึงพยายามออกแบบระบบจำลองการทำความสะอาดสายพานแบบเกลียว (ที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมอาหารตัวอย่าง) โดยใช้เทคโนโลยีอัลตราโซนิกพร้อมทั้งศึกษาผลของชนิดของตัวกลาง อุณหภูมิของตัวกลาง และระยะเวลาในการทำความสะอาดต่อความสามารถในการทำความสะอาด และหาเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัยต่าง ๆ โดยมีวัตถุประสงค์หลัก คือ เพื่อลดระยะเวลาในการทำความสะอาดสายพานที่มีความกว้างเท่ากับ 65 เซนติเมตร และมีความยาวเท่ากับ 350 เมตร จากเดิมที่ต้องใช้ระยะเวลา 100 นาที ในการล้างทำความสะอาดด้วยวิธีการใช้น้ำแรงดันสูงให้ระยะเวลาในการทำความสะอาดลดลงเหลือน้อยกว่าหรือเท่ากับ 80 นาที

วิธีการ

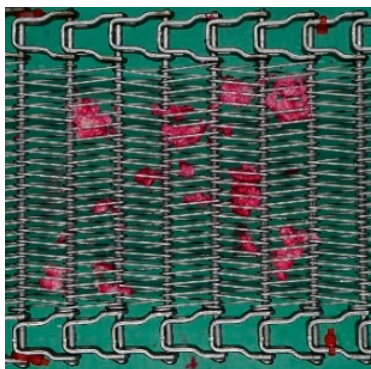
การทดลองในงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 4 ตอน ได้แก่ 1) การเตรียมสายพานตัวอย่าง 2) การออกแบบและสร้างระบบจำลองการทำความสะอาดสายพานโดยใช้เทคโนโลยีอัลตราโซนิก 3) การศึกษาผลของชนิดและอุณหภูมิของตัวกลางต่อความสามารถในการทำความสะอาด และ 4) การหาระยะเวลาที่น้อยที่สุดในการทำความสะอาดสายพานโดยใช้ระบบจำลองที่สร้างขึ้น โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การเตรียมสายพานตัวอย่าง

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพของเทคโนโลยีอัลตราโซนิกส์ในการทำความสะอาดสายพานลำเลียงที่ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตไก่สดตัดแต่งและไก่แปรรูปแช่แข็ง ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำสายพานลำเลียงชนิดลวดตาข่าย (Wire mesh conveyor belt) ซึ่งทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด AISI 304 ที่ติดตั้งในเครื่องทำความเย็นระบบสายพานเกลียว (Spiral chiller) มาจำลองให้มีเศษไก่ติดอยู่บนสายพานโดยกำหนดให้มีค่าดัชนีเศษอาหารสะสม (Food soil accumulation index หรือ FSAI) ตามสมการที่ (1) อยู่ระหว่างร้อยละ 10-11 ซึ่งมีค่าประมาณ 4 เท่าของดัชนีเศษอาหารสะสมที่เกิดขึ้นจริงจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ไก่ปรุงสุก (Cooked chicken product)

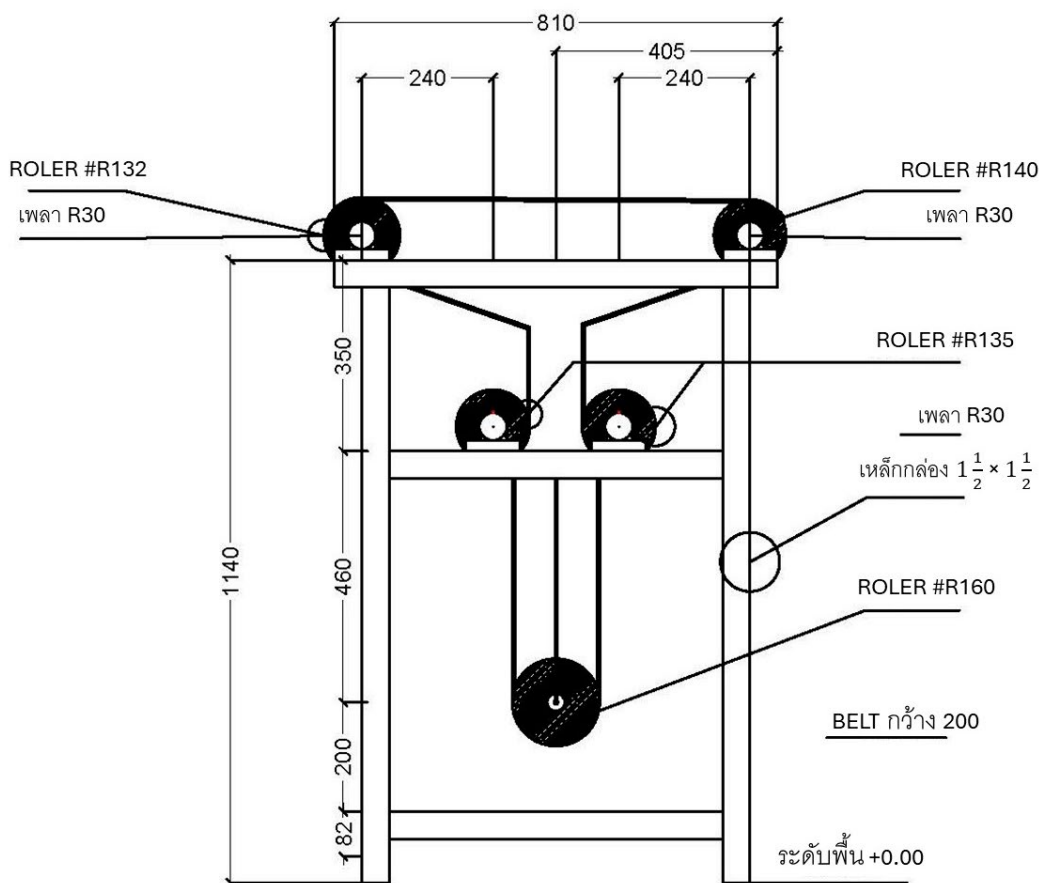
$$\text{FSAI (\%)} = \frac{\text{พื้นที่เศษอาหาร (pixel)}}{\text{พื้นที่ผิวสายพาน (pixel)}} \times 100 \quad (1)$$

ขั้นตอนการจำลองสายพานให้มีค่า FSAI ตามต้องการนั้นทำได้โดยนำเศษไก่ปรุงสุก (ขนาดระหว่าง 0.5 – 4.0 เซนติเมตร) จากกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมอาหารแห่งหนึ่งมาขย้อมสีผสมอาหารให้มีสีแดงแล้วจัดเตรียมให้ติดแน่นอยู่ระหว่างร่องบนพื้นผิวของสายพานโดยใช้วัสดุกดทับด้วยแรง 2.3 นิวตัน หลังจากนั้นทำการถ่ายภาพสายพานจากมุมมองด้านบนภายใต้กล้องควบคุมแสงดังแสดงในภาพที่ 1 โดยใช้กล้องถ่ายภาพชนิดสะท้อนภาพเลนส์เดี่ยวด้วยระบบดิจิทัล (Sony, A7 Mark II) ตั้งค่าการถ่ายภาพให้มีค่ารูรับแสงเท่ากับ f/4.5 ความเร็วชัตเตอร์เท่ากับ 1/200 วินาที ค่า ISO เท่ากับ 160 และค่าความละเอียดภาพเท่ากับ 3,456 × 3,456 พิกเซล นำภาพถ่ายที่ได้ไปหาจำนวนพิกเซลที่พบเศษเนื้อไก่ และจำนวนพิกเซลของพื้นที่สายพานทั้งหมด โดยใช้การประมวลผลภาพ (Image processing) ด้วยโปรแกรม ImageJ แล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่า FSAI ดังแสดงในสมการที่ (1) หากค่า FSAI ที่ได้มีค่าต่ำกว่าร้อยละ 10 ก็ต้องเพิ่มปริมาณเศษไก่ในกระบวนการจำลองแต่หากค่า FSAI ที่ได้มีค่าสูงกว่าร้อยละ 11 ก็ต้องลดปริมาณเศษไก่ลงในงานวิจัยนี้จะทำการควบคุมให้สายพานตัวอย่างที่จะนำมาศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการทำความสะอาดด้วยเทคโนโลยีอัลตราโซนิกส์ ต้องมีค่า FSAI อยู่ระหว่าง 10-11



ภาพที่ 1 ตัวอย่างภาพถ่ายสำหรับนำไปประมวลผลภาพด้วยโปรแกรม ImageJ

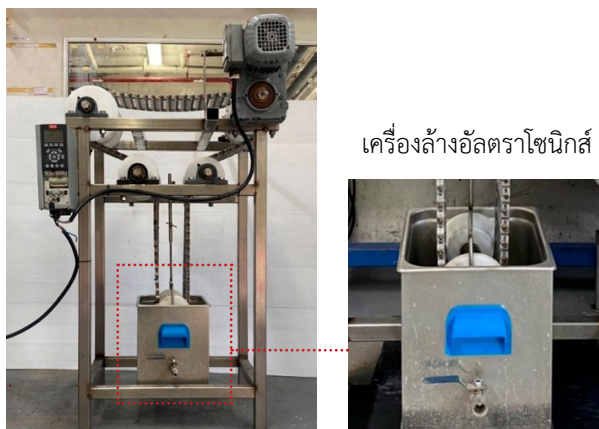
2. การออกแบบและสร้างระบบจำลองการทำความสะอาดสายพานโดยใช้เทคโนโลยีอัลตราโซนิกส์



ภาพที่ 2 แบบร่างระบบควบคุมการเดินสายพาน (หน่วย: มิลลิเมตร)

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบและสร้างระบบขนาดเล็กเพื่อจำลองการทำความสะอาดสายพานในกระบวนการผลิตโดยใช้อัลตราโซนิกส์ ภาพที่ 2 แสดงแบบร่างและมิติของระบบควบคุมการเดินสายพานลำเลียงชนิดลวดตาข่าย โดยกำหนดให้สายพานมีความกว้างเท่ากับ 15 เซนติเมตร และมีความยาวเท่ากับ 15.75 เมตร ถูกควบคุมให้เคลื่อนที่โดยใช้มอเตอร์ที่ทำงานร่วมกับอินเวอร์เตอร์ซึ่งสามารถปรับให้สายพานเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วระหว่าง 0.033 - 1 เมตรต่อวินาที ที่ด้านล่างของระบบจะควบคุมให้สายพานเคลื่อนที่ลงไปอ่างน้ำ (Ultrasonic bath) ของเครื่องล้างอัลตราโซนิกส์ (Ultrasonic cleaner) โดยมีระยะที่ความลึกสูงสุดเท่ากับ 13 เซนติเมตร

เครื่องล้างอัลตราโซนิกส์ที่ใช้ในการทดลอง (GT sonic, GT-1990QTS) มีขนาดอ่างน้ำเท่ากับ 300 x 240 x 150 ลูกบาศก์มิลลิเมตร สามารถกำเนิดคลื่นเสียงที่มีความถี่เท่ากับ 40 กิโลเฮิร์ตซ์ กำลังของอัลตราโซนิกส์เท่ากับ 200 วัตต์ สามารถควบคุมอุณหภูมิของของเหลวในอ่างให้มีอุณหภูมิตั้งแต่อุณหภูมิห้อง (Room temperature) ถึง 80 องศาเซลเซียสได้ ภาพที่ 3 แสดงการติดตั้งเครื่องล้างอัลตราโซนิกส์เข้ากับระบบควบคุมการเดินสายพานที่สร้างขึ้น



ภาพที่ 3 ภาพถ่ายการติดตั้งระบบจำลองการทำความสะอาดสายพานโดยใช้อัลตราโซนิกส์

3. การศึกษาผลของชนิดและอุณหภูมิของตัวกลาง ต่อความสามารถในการทำทำความสะอาด

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการทำทำความสะอาดพื้นผิวของวัสดุด้วยอัลตราโซนิกส์ ได้แก่ ความถี่และกำลังของคลื่นอัลตราโซนิกส์ ชนิดและอุณหภูมิของตัวกลาง และระยะเวลาในการผ่านอัลตราโซนิกส์ (Intawongsa, 2015; Zhou et al., 2022) ในงานวิจัยนี้กำหนดให้ความถี่และกำลังของคลื่นอัลตราโซนิกส์มีค่าคงตัว เท่ากับ 40 กิโลเฮิรตซ์ และ 200 วัตต์ ตามลำดับ ดังนั้นการทดลองในตอนนี้จะทำการศึกษาชนิดและอุณหภูมิของตัวกลางที่จะใช้ในกระบวนการทำความสะอาด

เริ่มจากนำสายพานขนาด 13 × 9 ตารางเซนติเมตร มาจำลองการปนเปื้อนเศษไก่ ให้มีค่า FSAI อยู่ระหว่างร้อยละ 10-11 หลังจากนั้นนำไปจุ่มแช่ในตัวกลางที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 30 วินาที โดยแบ่งกลุ่มการทดลองออกเป็น 4 กลุ่ม (แต่ละกลุ่มทำการทดลองซ้ำ 4 ครั้ง) ดังนี้

กลุ่มที่ 1: นำไปจุ่มแช่ในน้ำกรองที่ผ่านกระบวนการผลิตด้วยระบบออสโมซิสผันกลับ (Reverse osmosis หรือ น้ำ RO) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วินาที

กลุ่มที่ 2: นำไปจุ่มแช่ในน้ำ RO ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วินาที

กลุ่มที่ 3: นำไปจุ่มแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 2 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร (2% w/v NaOH) (เป็นสารทำความสะอาดที่มีใช้อยู่แล้วในสถานประกอบการ) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วินาที

กลุ่มที่ 4: นำไปจุ่มแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 2 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร (2% w/v NaOH) ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วินาที

เมื่อครบตามเวลาที่กำหนด จะนำสายพานตัวอย่างไปถ่ายภาพและวิเคราะห์จำนวนฟิกลเซลล์ที่พบเศษเนื้อไก่ โดยใช้โปรแกรม ImageJ แล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่า FSAI ดังแสดงในสมการที่ (1) หลังจากนั้นจึงนำค่า FSAI ก่อน (FSAI_{before}) และหลังจุ่มแช่ (FSAI_{after}) มาเปรียบเทียบกัน เพื่อหาค่าการลดลงของดัชนีการสะสมเศษอาหารสัมพัทธ์ (Reduction of food soil relative accumulation index หรือ RFSAI) ดังแสดงในสมการที่ (2)

$$RFSAI (\%) = \frac{FSAI_{before} - FSAI_{after}}{FSAI_{before}} \times 100 \quad (2)$$

หลังจากนั้นจึงนำค่า RFSAI ไปวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Minitab (version 19.0) เพื่อศึกษาผลของปัจจัยหลักและปัจจัยร่วมต่อการทำความสะอาดสายพาน โดยพิจารณาค่า P-value ที่ 0.05 ซึ่งในการพิจารณาแต่ละปัจจัยจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ การทวนสอบความเหมาะสม การทวนสอบการออกแบบการทดลอง และการพิจารณาผลของปัจจัยในตาราง ANOVA

4. การหาระยะเวลาที่น้อยที่สุดในการทำความสะอาดสายพานโดยใช้ระบบจำลองที่สร้างขึ้น

จากการทดลองในตอนต้นที่ 3 จะทำให้ทราบชนิดและอุณหภูมิของตัวกลางที่เหมาะสมสำหรับระบบทำความสะอาดสายพานด้วยอัลตราโซนิกส์ โดยใช้ระบบจำลองที่สร้างขึ้นในตอนต้นที่ 2 ดังนั้นในขั้นตอนนี้ จะทำการทดลองเพื่อหาระยะเวลาที่น้อยที่สุดในการทำความสะอาดสายพานจนกระทั่งไม่เหลือเศษโกโก้ติดอยู่บนสายพานเลย (ค่า RFSAI = 100%)

เริ่มจากจำลองการปนเปื้อนเศษโกโก้บนพื้นที่ส่วนหนึ่ง (15×18 ตารางเซนติเมตร) ของสายพานที่มีความยาวเท่ากับ 15.75 เมตร ให้มีค่า FSAI อยู่ระหว่างร้อยละ 10-11 หลังจากนั้นทำการเปิดระบบและควบคุมให้สายพานเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 0.033 เมตรต่อวินาที สายพานบริเวณที่ปนเปื้อนเศษโกโก้จะค่อย ๆ เคลื่อนผ่านไปใต้อ่างน้ำของเครื่องล้างอัลตราโซนิกส์ และใช้ระยะเวลาเคลื่อนที่ผ่านของเหลวตัวกลางใต้อ่างน้ำเป็นเวลา 30 วินาทีต่อรอบ ทำการถ่ายภาพบริเวณที่จำลองการปนเปื้อนของเศษโกโก้บนสายพานทุก ๆ รอบหลังผ่านการทำความสะอาด แล้วนำภาพที่ได้ไปวิเคราะห์จำนวนพิกเซลที่พิเศษเนื้อโกโก้โดยใช้โปรแกรม ImageJ เพื่อคำนวณหาค่า FSAI หลังจากนั้นจึงนำค่า FSAI เริ่มต้นก่อนทำความสะอาด (FSAIbefore) และหลังทำความสะอาดในแต่ละรอบ (FSAIafter) มาคำนวณหาค่า RFSAI โดยจะทำการล้างสายพานซ้ำ ๆ จนกว่าจะได้ค่า RFSAI เท่ากับ 100% จึงหยุดระบบ เมื่อรวมระยะเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการเดินระบบเพื่อทำความสะอาดสายพาน ก็จะได้ระยะเวลาที่น้อยที่สุดในการทำความสะอาดสายพานด้วยอัลตราโซนิกส์

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลของชนิดและอุณหภูมิของตัวกลาง ต่อความสามารถในการทำความสะอาด

การทดลองนี้มุ่งเน้นศึกษาผลของชนิดและอุณหภูมิของตัวกลาง ต่อประสิทธิภาพในการกำจัดการปนเปื้อนของเศษโกโก้ (สิ่งสกปรก) ออกจากสายพานชนิดลวดตาข่าย โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ 1) สายพานตัวอย่างที่จุ่มแช่ในน้ำ RO ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วินาที 2) สายพานตัวอย่างที่จุ่มแช่ในน้ำ RO ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วินาที 3) สายพานตัวอย่างที่จุ่มแช่ในสารละลาย 2 % w/v NaOH ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วินาที และ 4) สายพานตัวอย่างที่จุ่มแช่ในสารละลาย 2 % w/v NaOH ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วินาที แต่ละกลุ่มทำการทดลองซ้ำ 4 ครั้ง แล้วนำสายพานหลังผ่านการทำความสะอาดด้วยเงื่อนไขต่าง ๆ ไปวิเคราะห์และคำนวณหาค่า RFSAI ผลการทดลองพบว่า การทำความสะอาดสายพานโดยใช้วิธีจุ่มแช่ในน้ำ RO ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วินาที ให้ค่า RFSAI เฉลี่ยร้อยละ 34 การจุ่มแช่ในน้ำ RO ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วินาที ให้ค่า RFSAI เฉลี่ยร้อยละ 38 การจุ่มแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วินาที ให้ค่า RFSAI เฉลี่ยร้อยละ 15 และการจุ่มแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วินาที ให้ค่า RFSAI เฉลี่ยร้อยละ 35 ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลของชนิดและอุณหภูมิของตัวกลาง ต่อประสิทธิภาพในการกำจัดสารปนเปื้อนของเศษไก่ออกจากสายพาน โดยค่า RFSAI ที่แสดง เป็นค่าเฉลี่ยจากการทำการทดลองซ้ำ 4 ครั้ง

วิธีการทำความสะอาดสายพาน	ชนิดตัวกลาง	อุณหภูมิตัวกลาง (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลา ในการจุ่มแช่ (วินาที)	ค่า RFSAI เฉลี่ย (ร้อยละ)
จุ่มแช่ในน้ำ RO	น้ำ RO	30	30	34.00 ± 0.02
จุ่มแช่ในน้ำ RO	น้ำ RO	55	30	37.62 ± 0.02
จุ่มแช่ในสารละลาย 2% w/v NaOH	สารละลาย NaOH	30	30	15.10 ± 0.03
จุ่มแช่ในสารละลาย 2% w/v NaOH	สารละลาย NaOH	55	30	35.11 ± 0.03

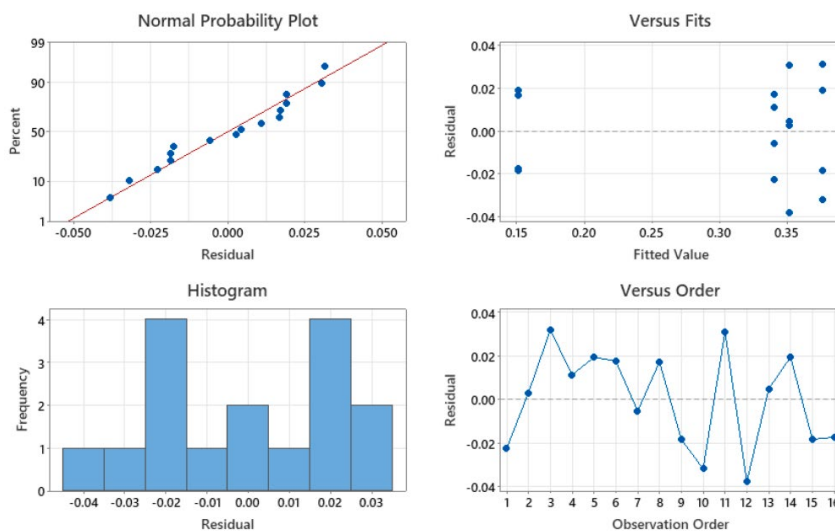
จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าที่อุณหภูมิเท่ากันการใช้น้ำ RO เป็นสารทำความสะอาดสามารถกำจัดสิ่งปนเปื้อนได้ดีกว่าการใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เนื่องจากน้ำมีความหนืดน้อยกว่าสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ของเหลวที่มีความหนืดต่ำสามารถแทรกเข้าไปในช่องว่างและรอยแตกของพื้นผิวได้ดีกว่าของเหลวที่มีความหนืดสูงทำให้สามารถขจัดสิ่งสกปรกที่อยู่บริเวณที่เข้าถึงยากได้ดีกว่า และของเหลวที่มีความหนืดต่ำจะช่วยให้สิ่งสกปรกถูกพัดพาออกจากพื้นผิวได้ง่ายขึ้นเนื่องจากแรงต้านทานการไหลต่ำทำให้การเคลื่อนที่ของสิ่งสกปรกมีประสิทธิภาพมากกว่า ยิ่งไปกว่านั้น การแทนที่สิ่งสกปรกด้วยของเหลวที่มีความหนืดต่ำจะเกิดขึ้นได้ง่ายกว่าเนื่องจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างของเหลวกับสิ่งสกปรกต่ำทำให้สิ่งสกปรกถูกแยกออกจากพื้นผิวได้ง่ายขึ้น และเมื่อพิจารณาผลของอุณหภูมิต่อความสามารถในการทำความสะอาดก็พบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะสามารถกำจัดสิ่งปนเปื้อนได้ดีขึ้นเนื่องจากอุณหภูมิส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของของเหลวที่ใช้เป็นสารทำความสะอาด โดยการเพิ่มอุณหภูมิของของเหลวจะทำให้ความหนืดและแรงดึงดูดของของเหลวลดลงจึงสามารถไหลและกระจายตัวได้ดีกว่า ช่วยเพิ่มการครอบคลุมและการเข้าถึงพื้นผิวที่ต้องการทำความสะอาดได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้อุณหภูมิที่สูงขึ้นสามารถลดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างสิ่งสกปรกและพื้นผิวซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีของสิ่งสกปรกที่อุณหภูมิสูงทำให้สิ่งสกปรกสามารถหลุดออกจากพื้นผิวได้ง่ายขึ้น (Halliday et al., 2022; Holm & Anand, 1994; Holmberg et al., 2002; Sumner & Peters, 1992) อย่างไรก็ตามหากพิจารณาอิทธิพลของอุณหภูมิต่อความสามารถในการทำความสะอาดโดยใช้น้ำ RO และสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ ผลการทดลองแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าการเพิ่มอุณหภูมิมีอิทธิพลต่อการทำความสะอาดโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มากกว่าการใช้น้ำเป็นสารทำความสะอาดเนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีซึ่งเป็นประโยชน์ต่อกระบวนการทำความสะอาดที่ต้องพึ่งพาปฏิกิริยาเคมีของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่สามารถขจัดคราบสกปรกที่เป็นไขมันและคราบอินทรีย์ผ่านปฏิกิริยาเคมีที่หลากหลายโดยเฉพาะปฏิกิริยาแซพอนิฟิเคชัน (Saponification) และการละลายโปรตีน (Pornchalermpong & Ratanapong, 2010) และด้วยปฏิกิริยาแซพอนิฟิเคชันนี้เองส่งผลให้การขจัดคราบโปรตีนที่เกิดจากเศษไก่เกิดการจับตัวเป็นเจลและแข็งตัว (ดังแสดงในภาพที่ 4) ยึดเกาะแน่นกับสายพานลวดตาข่ายมากยิ่งขึ้นส่งผลให้ความสามารถในการกำจัดสารปนเปื้อนของเศษไก่แย่กว่าการใช้น้ำ RO เป็นสารทำความสะอาด



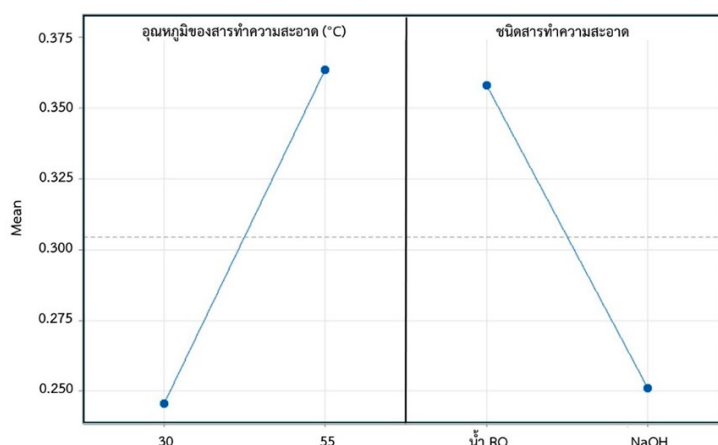
(ก) ใช้น้ำ RO เป็นสารทำความสะอาด
(ข) ใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นสารทำความสะอาด

ภาพที่ 4 ภาพถ่ายเปรียบเทียบลักษณะของเศษไก่ที่ถูกกำจัดออกเมื่อน้ำ RO (ก) และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ข) เป็นสารทำความสะอาด

เมื่อนำค่า RFSAI ที่ได้จากการทดลองทุก ๆ เงื่อนไขมาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติด้วยโปรแกรม Minitab ผลการวิเคราะห์แสดงดังภาพที่ 5 พบว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติอย่างสม่ำเสมอ และความแปรผันภายในกลุ่มย่อยมีความคงที่ และเมื่อวิเคราะห์การทวนสอบการออกแบบการทดลองพบว่าทั้งสองปัจจัย คือ ชนิดของสารทำความสะอาด และอุณหภูมิของสารทำความสะอาดมีความสัมพันธ์กันสูงส่งผลต่อความสามารถในการทำความสะดวกสบาย โดยมีความสัมพันธ์การตัดสินใจ (R-squared) เท่ากับร้อยละ 94.56 และเมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบอิทธิพลปฏิสัมพันธ์สองทาง (Two-way ANOVA with interaction effect) พบว่าทั้งสองปัจจัยมีผลต่อความสามารถในการทำความสะดวกสบายอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญขั้นต่ำ 0.000 ซึ่งน้อยกว่าระดับความเสี่ยงที่ยอมรับได้ คือ 0.05 (ช่วงความเชื่อมั่น 95%) ทั้งนี้ผลการวิเคราะห์ทั้งหมดมีความสอดคล้องกัน โดยอิทธิพลของทั้งสองปัจจัยต่อเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่า RFSAI แสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 5 ส่วนเศษเหลือผลตัวแปรตอบสนองของ %RFSAI

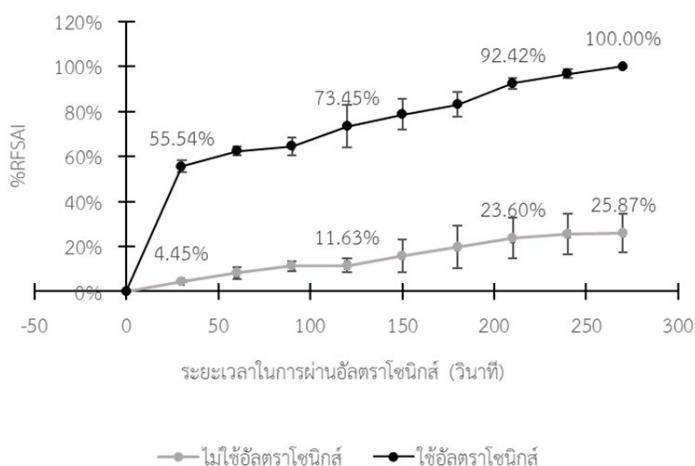


ภาพที่ 6 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่เป็นอิทธิพลหลักต่อค่า RFSAI (กราฟ main effects plot)

จากผลการทดลองทั้งหมดชี้ให้เห็นว่าชนิดและอุณหภูมิของสารทำความสะอาดส่งผลต่อความสามารถในการทำความสะอาดสายพาน โดยจะได้ประสิทธิภาพการทำความสะอาดสูงสุดเมื่อใช้น้ำ RO อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นสารทำความสะอาด ดังนั้นในการทดลองต่อไปที่จะทำการทดลองเพื่อหาระยะเวลาน้อยที่สุดในการทำ ความสะอาดสายพานโดยใช้ระบบจำลองที่สร้างขึ้นจะใช้น้ำ RO ที่มีอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นตัวกลางในการทำ ความสะอาดด้วยอัลตราโซนิกส์เพื่อให้คลื่นเสียงความถี่สูงสามารถแพร่ผ่านตัวกลางได้ดีทำให้พลังงานสามารถกระจาย ไปทั่วของเหลวและเข้าถึงพื้นผิวที่ต้องการทำความสะอาดได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

2. ระยะเวลาน้อยที่สุดในการทำ ความสะอาดสายพานโดยใช้ระบบจำลองที่สร้างขึ้น

ในตอนนี้จะใช้ระบบจำลองการเคลื่อนที่และการทำความสะอาดสายพานด้วยอัลตราโซนิกส์ที่สร้างขึ้น เพื่อหา ระยะเวลาน้อยที่สุดในการทำ ความสะอาดสายพานจนกระทั่งไม่เหลือเศษไก่ติดอยู่บนสายพานเลย นั่นคือ ได้ค่า RFSAI เท่ากับร้อยละ 100 โดยใช้อัลตราโซนิกส์ที่มีความถี่ 40 กิโลเฮิร์ตซ์ กำลัง 200 วัตต์ และใช้น้ำ RO อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นตัวกลาง เนื่องจากการเคลื่อนที่ของสายพานด้วยอัตราเร็ว 0.033 เมตรต่อวินาที ผ่านน้ำ RO เพียงอย่างเดียวอาจ ส่งผลให้เศษไก่ที่ติดอยู่บนสายพานหลุดออกมาได้ ดังนั้นเพื่อศึกษาอิทธิพลของอัลตราโซนิกส์ในการทำ ความสะอาด จึงทำการทดลองเปรียบเทียบกันระหว่างการให้สายพานเคลื่อนที่ผ่านน้ำ RO อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เพียงอย่างเดียว โดยไม่มีผลของอัลตราโซนิกส์กับการใช้อัลตราโซนิกส์ร่วมด้วย ผลการทดลองจากการทำการทดลองซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง (ดังแสดงในภาพที่ 7) พบว่าค่า %RFSAI จะเพิ่มขึ้น เมื่อสายพานบริเวณที่จำลองการปนเปื้อนของเศษไก่เคลื่อนที่ลงไป ในอ่างน้ำเป็นจำนวนรอบที่มากขึ้น (เวลาเพิ่มขึ้น) โดย %RFSAI จะเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจนเมื่อใช้อัลตราโซนิกส์ ร่วมกับซึ่งเงื่อนไขที่สามารถจัดเศษไก่ที่ติดอยู่บนสายพานออกได้ทั้งหมด (%RFSAI = 100) คือ การใช้อัลตราโซนิกส์ ร่วมกับ โดยให้สายพานเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 0.033 เมตรต่อวินาที เป็นเวลา 270 วินาที หรือ 4.5 นาที ซึ่งดีกว่า การไม่ใช้อัลตราโซนิกส์ถึง 4 เท่า



ภาพที่ 7 ภาพเปรียบเทียบการเพิ่มขึ้นของ %RFSAI ระหว่างการให้สายพานเคลื่อนที่ผ่านน้ำ RO อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เพียงอย่างเดียว (ไม่ใช้อัลตราโซนิกส์) กับการใช้อัลตราโซนิกส์ร่วม

สรุป

จากผลการทดลองในงานวิจัยนี้สรุปได้ว่าอัลตราโซนิกส์สามารถทำความสะอาดสายพานลำเลียงชนิดลวดตาข่าย ยาว 15.75 เมตร ที่เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 0.033 เมตรต่อวินาที ได้ร้อยละ 100 ภายในเวลา 4.5 นาที (ทั้ง ๆ ที่จำลองให้สายพานปนเปื้อนเศษไก่มากกว่าการสะสมจริงที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ไก่ปรุงสุกถึง 4 เท่า) โดยใช้อัลตราโซนิกส์ที่มีความถี่ 40 กิโลเฮิร์ตซ์ กำลัง 200 วัตต์ และใช้น้ำ RO อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นตัวกลาง เมื่อนำไปขยายผลกับขนาดของสายพานจริงในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมอาหารแห่งหนึ่งที่มีความกว้างของสายพานเท่ากับ 65 เซนติเมตร และมีความยาวเท่ากับ 350 เมตร จากเดิมที่ต้องใช้ระยะเวลา 100 นาที ในการล้างทำความสะอาดด้วยวิธีการใช้น้ำแรงดันสูง หากใช้วิธีการที่นำเสนอในงานวิจัยนี้สามารถลดระยะเวลาการล้างลงเหลือเพียง 50 นาที ด้วยการลดระยะเวลาในการทำทำความสะอาดสายพานลงไป 50 นาที นี้เอง จะทำให้สถานประกอบการสามารถเพิ่มกำลังการผลิตขึ้นมาได้ประมาณ 63 ตันต่อเดือน คิดเป็นมูลค่าประมาณ 1.8 ล้านบาทต่อเดือน นอกจากนั้นยังช่วยประหยัดค่าน้ำที่เกิดขึ้นจากการฉีดล้างทำความสะอาดสายพานด้วยการใช้น้ำแรงดันสูงได้อีกด้วย แสดงให้เห็นว่าวิธีการทำความสะอาดสายพานด้วยเทคโนโลยีอัลตราโซนิกส์ที่นำเสนอในงานวิจัยนี้เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพสูงสามารถกำจัดสิ่งสกปรกและสิ่งปนเปื้อนบนสายพานออกได้หมด ประหยัดระยะเวลา และทรัพยากรในการล้างทำความสะอาด ปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงานและสิ่งแวดล้อม และสามารถนำไปประยุกต์ใช้จริงในสถานประกอบการได้จริง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยจาก กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (กองทุนส่งเสริม ววน.) โดยหน่วยบริหารและจัดการทุนด้านการพัฒนากำลังคน ทุนด้านการพัฒนาสถาบันอุดมศึกษา การวิจัยและการสร้างนวัตกรรม สัญญาเลขที่ B01G640030 ขอขอบคุณ คุณชลธิชา ปิตตาระเต ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการช่วยเหลืองานวิจัยรวมทั้งในการออกแบบ สร้างระบบจำลองความสกปรกและสถานที่สำหรับการทดลอง และศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์และวิศวกรรมศาสตร์เพื่อคำตอบของสังคม ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ สำหรับเครื่องล้างอัลตราโซนิกส์และอุปกรณ์ใช้ในการทดลอง

ขอบคุณทุนการศึกษาระดับปริญญาโท จากภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

- Brandt, J. (2007). **Ozone-based conveyor cleaning system**. US Patent No. US20070261712.
- Crawford, A.H. (1968). Large scale ultrasonic cleaning. *Ultrasonics*, 6(4), 211–216.
- European Food Safety Authority. (2020). **EFSA strategy 2020: Trusted science for safe food**. Parma, Italy: European Food Safety Authority.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2013). **Poultry development review**. Rome, Italy: FAO.
- GFPT Public Company Limited. (2022). **Annual report 2022**. Bangkok, Thailand: GFPT. (In Thai)
- Gibson, H., Taylor, J.H., Hall, K.E., & Holah, J.T. (1999). Effectiveness of cleaning techniques used in the food industry in terms of the removal of bacterial biofilms. *Applied Microbiology*, 87(1), 41–48.
- Graves, R.E. (2007). **Cleaning and sanitizing food contact surfaces**. Retrieved from https://www.fightbac.org/wp-content/uploads/2022/02/Cleaning_and_Sanitizing_Food-Contact_Surfaces.pdf [2024, 5 May].
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2022). **Fundamentals of physics**. New Jersey, USA: John Wiley & Sons.
- Holm, R.H., & Anand, G. (1994). Liquid cleaning agents and methods. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 71(6), 601–609.
- Holmberg, K., Shah, D.O., & Schwuger, M.J. (2002). **Handbook of applied surface and colloid chemistry: Volume 1-2**. New York, USA: John Wiley & Sons.
- Intawongsa, E. (2015). Effects of ultrasonic wave frequency and time on handsaw blade cleaning efficiency. *Industry Technology Lampang Rajabhat University*, 8(2), 122–132. (In Thai)
- Marriott, N.G., & Gravani, R.B. (2006). **Principles of food sanitation**. New York, USA: Springer.
- Official Journal of the European Union. (2021). **Commission regulation (EU) 2021/382**. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R0382> [2024, 5 May]
- Office of Agricultural Affairs, Royal Thai Embassy, Brussels. (2021). Regulations and conditions for exporting meat and animal products to the European Union market. *European Union Agriculture Newsletter*, 30(1), 1–3. (In Thai)
- Pornchalermping, P., & Ratanapong, N. (2010). **Saponification**. Retrieved from <https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1631/> [2022, 22 Nov.] (In Thai)
- ShineBen. (2023). **The impact and importance of conveyor belts in the packaging industry**. Retrieved from <https://shineben.com/packaging-news/the-impact-and-importance-of-conveyor-belts-in-the-packaging-industry> [2024, 5 May].
- Sumner, S.S., & Peters, D.L. (1992). **Principles and practices for food sanitation programs**. Nebraska, USA: University of Nebraska.
- Tolvanen, R., Lunden, J., Horman, A., & Korkeala, H. (2009). Pilot-scale continuous ultrasonic cleaning equipment reduces *Listeria monocytogenes* levels on conveyor belts. *Food Protection*, 72(2), 408–411.
- Troller, J.A. (2012). **Sanitation in food processing**. New York, USA: Academic Press.
- Westerlund, J. (1994). High pressure equipment for food processing, *High Pressure Research*. 12(3), 221–226.

-
- Wright, M.J. (2003). **Design of a conveyor belt washer**. (Master of Engineering). University of Canterbury, Christchurch, New Zealand.
- Zhou, W., Sarpong, F., & Zhou, C. (2022). Use of ultrasonic cleaning technology in the whole process of fruit and vegetable processing. **Foods**, **11**(18), 1–21

ภาคผนวก

รายละเอียดการเตรียมบทความ วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี Preparation Process of PNRU Research Journal Science and Technology

วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นวารสารราย 6 เดือน เผยแพร่ปีละ 2 ฉบับ ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน และ ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม จัดทำขึ้นเพื่อเผยแพร่ผลงานในลักษณะบทความวิจัย (Research Article) บทความวิชาการ (Academic Article) และบทความปริทัศน์ (Review Article) ในสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแก่นักวิจัย นักวิชาการ และบุคคลทั่วไปที่สนใจ

ขอบเขตของผลงานที่ตีพิมพ์

วารสารวิจัยราชภัฏพระนครสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีตีพิมพ์บทความด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แก่ สาขาคณิตศาสตร์สถิติฟิสิกส์เคมีชีววิทยา ชีวเคมี จุลชีววิทยา เทคโนโลยีชีวภาพ เกษตรศาสตร์วิทยาศาสตร์ การอาหาร คหกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ทางทะเล วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม วิทยาศาสตร์สุขภาพ การพยาบาล การสาธารณสุข คอมพิวเตอร์ วัสดุศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และอุตสาหกรรม สถาปัตยกรรม หรือวิทยาศาสตร์ประยุกต์

การพิจารณาบทความ

บทความที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารนี้จะได้รับการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาที่เกี่ยวข้อง (Peer Review) อย่างน้อย 3 ท่าน โดยผู้แต่งและผู้ทรงคุณวุฒิประเมินบทความจะไม่ทราบชื่อซึ่งกันและกัน (Double-blind Peer Review)

ประเภทของบทความที่รับตีพิมพ์

1. บทความวิจัย (Research Article)

เป็นการนำเสนอผลงานวิจัยอย่างเป็นระบบ กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาวัตถุประสงค์ การดำเนินการวิจัย

2. บทความวิชาการ (Academic Article)

งานเขียน ซึ่งเป็นเรื่องที่น่าสนใจ เป็นความรู้ใหม่ กล่าวถึงความเป็นมาของปัญหา วัตถุประสงค์แนวทางการแก้ปัญหา มีการใช้แนวคิดทฤษฎีผลงานวิจัยจากแหล่งข้อมูล เช่น หนังสือ วารสารวิชาการ อินเทอร์เน็ตประกอบการวิเคราะห์ วิจารณ์เสนอแนวทางแก้ไข

3. บทความปริทัศน์ (Review Article)

งานวิชาการที่ประเมินสถานะล่าสุดทางวิชาการ (State of the art) เฉพาะทางที่มีการศึกษาค้นคว้ามีการวิเคราะห์และสังเคราะห์องค์ความรู้ทั้งทางกว้าง และทางลึกอย่างทันสมัย โดยให้ข้อพิพาทที่ชี้ให้เห็นแนวโน้มที่ควรศึกษาและพัฒนาต่อไป

หลักเกณฑ์ในการส่งบทความ

1. บทความที่ผู้แต่งส่งมาเพื่อตีพิมพ์จะต้องเป็นบทความที่ยังไม่เคยตีพิมพ์เผยแพร่หรืออยู่ระหว่างการเสนอขอตีพิมพ์จากวารสารอื่น ๆ

2. เนื้อหาในบทความต้องไม่คัดลอก ลอกเลียน หรือไม่ตัดทอนจากบทความอื่นโดยเด็ดขาด (การละเมิดลิขสิทธิ์ถือเป็นความรับผิดชอบของผู้แต่งเท่านั้น)

3. ผู้แต่งต้องเขียนบทความตามรูปแบบที่กำหนดไว้ในระเบียบการส่งบทความของวารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

4. การพิจารณาบทความเพื่อตีพิมพ์ในวารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จะพิจารณาเฉพาะบทความที่ได้รับการประเมินให้ตีพิมพ์เผยแพร่จากผู้ทรงคุณวุฒิเท่านั้น

5. กรณีข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิผู้แต่งตั้งต้องปรับแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิและชี้แจงการแก้ไขต้นฉบับดังกล่าวมายังกองบรรณาธิการ

คำแนะนำการเตรียมต้นฉบับ

รับการตีพิมพ์บทความทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ จัดพิมพ์ด้วยโปรแกรม Microsoft Word 2003 ขึ้นไป โดยใช้ตัวหนังสือแบบ TH SarabunPSK ขนาด 14 pt. ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ กำหนดตั้งค่านำกระดาษบน 1.5 นิ้ว ซ้าย 1.5 นิ้ว ล่าง 1.0 นิ้ว ขวา 1.0 นิ้ว โดยความยาวของบทความควรเป็นดังนี้

- | | |
|--|--------------------------|
| 1. บทความวิจัย (Research article) | ประมาณ 12 หน้า ต่อบทความ |
| 2. บทความทางวิชาการ (Academic article) | ประมาณ 8 หน้า ต่อบทความ |
| 3. บทความปริทัศน์ (Review article) | ประมาณ 8 หน้า ต่อบทความ |
- โดยมีส่วนประกอบดังนี้

บทความวิจัย (Research Article)	บทความวิชาการ (Academic Article)	บทความปริทัศน์ (Review Article)
1. บทนำ (Introduction)	1. บทนำ (Introduction)	1. บทนำ (Introduction)
2. วิธีการ (Methods)	2. เนื้อหา (Context)	2. เนื้อหา (Context)
3. ผลการทดลองและวิจารณ์ (Results and Discussions)	3. สรุป (Conclusions)	3. สรุป (Conclusions)
4. สรุป (Conclusions)	4. เอกสารอ้างอิง (References)	4. เอกสารอ้างอิง (References)
5. เอกสารอ้างอิง (References)		

ชื่อเรื่อง ควรมีความกระชับและชัดเจน ไม่ยาวจนเกินไป บทความภาษาไทยต้องมีชื่อเรื่องทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ โดยใช้ตัวพิมพ์ใหญ่ทั้งหมด

ชื่อผู้แต่ง ระบุชื่อเต็มและนามสกุลเต็มของผู้แต่งทุกคนทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษโดยไม่ใส่ยศหรือตำแหน่งสำหรับผู้แต่งหลักต้องใส่ E-mail address ที่ติดต่อได้และลงเครื่องหมายดอกจันกำกับ

บทคัดย่อ บทคัดย่อภาษาไทยและภาษาอังกฤษควรมีความยาวระหว่าง 200 ถึง 250 คำ

คำสำคัญ ให้มีคำสำคัญ 3-5 คำ ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

รูปภาพ แยกบันทึกเป็นไฟล์ภาพที่มีนามสกุล TIFF, หรือ JPEG ถ้าเป็นภาพถ่ายกรุณาส่งภาพต้นฉบับเพื่อคุณภาพในการพิมพ์หมายเลขรูปภาพและกราฟ ให้เป็นเลขอารบิกคำบรรยายและรายละเอียดต่างๆอยู่ด้านล่างของรูปภาพ ปรับรูปแบบให้เหมาะสมกับการตีพิมพ์แบบขาว-ดำ หรือ Greyscale

เนื้อหา ใช้ตัวหนังสือแบบ TH SarabunPSK ขนาด 14 พอยท์จัดเนื้อหาตามรูปแบบบทความวิจัย (Research Article) บทความวิชาการ (Academic Article) หรือบทความปริทัศน์ (Review Article) หน่วยที่ใช้ให้เป็นไปตามรูปแบบสากล ศัพท์ภาษาอังกฤษในวงเล็บให้ใช้ตัวพิมพ์เล็กทั้งหมดยกเว้นชื่อเฉพาะ หากมีสมการให้ใช้ Equation Editor โดยจัดให้อยู่ในตำแหน่งกลางหน้ากระดาษ พร้อมระบุหมายเลขสมการ

ตาราง หมายเลขตารางให้เป็นเลขอารบิก คำบรรยายและรายละเอียดต่าง ๆ อยู่ด้านบนของตาราง

เอกสารอ้างอิง เป็นรายชื่อเอกสารที่ใช้อ้างถึงในบทความ โดยให้แปลเป็นภาษาอังกฤษทุกรายการ และจัดรูปแบบอ้างอิงตามระบบ APA 6th edition

รูปแบบการอ้างอิง

1. การอ้างอิงในเนื้อหา (In-text citation)

กรณีอ้างอิงชื่อผู้แต่งก่อนข้อความ	ชื่อผู้แต่ง (ปีที่พิมพ์).....
ตัวอย่าง	Kelly (2004) แสดงให้เห็นว่า..... Saikaew & Kaewsarn (2009) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ..... Lui et al. (2000) พบว่า..... Saikaew & Kaewsarn (2009) และ Lui et al. (2000) พบว่า
กรณีอ้างอิงชื่อผู้แต่งท้ายข้อความ	 (ชื่อผู้แต่ง, ปีที่พิมพ์)
ตัวอย่าง	 (Kelly, 2004) (Saikaew & Kaewsarn, 2009) (Lui et al., 2000) (Saikaew & Kaewsarn, 2009; Lui et al., 2000)

2. การอ้างอิงในส่วนท้ายบทความ (References)

2.1 อ้างอิงจากหนังสือ (Books)

รูปแบบ	ชื่อผู้เขียน. (ปีที่พิมพ์). ชื่อหนังสือ . (ครั้งที่พิมพ์). สถานที่พิมพ์: สำนักพิมพ์.
ตัวอย่าง	Crawley, R. B., Dockery, L. M., Branson, T. S., Carmichael, L. E., Carson, J. C., Findlay, A. F., & Smith, D. M. (2015). Manor houses of the early 1900s . London, England: Taylor & Francis.

2.2 อ้างอิงจากบทความวารสาร (Journal articles)

รูปแบบ	ชื่อผู้แต่ง. (ปีที่พิมพ์). ชื่อบทความ. ชื่อวารสาร , ปีที่(ฉบับที่), หน้าแรก-หน้าสุดท้าย.
ตัวอย่าง	Yingsanga,P., & Mathurasa,L. (2009).Yellowing developmentof ChineseKale (Brassica oleraceavar.alboglabla). Phranakhon Rajabhat Research Journal: Science and Technology , 14(1), 76-90. (In Thai) Morrisa, G.A., Fosterb, T.J., & Hardinga, S.E. (2000). The effect of the degreeof esterification on the hydrodynamic properties of citrus pectin. Food Hydrocolloids , 14(3), 227–235.

2.3 อ้างอิงจากวิทยานิพนธ์ (Theses and Dissertations)

รูปแบบ	ชื่อผู้แต่ง. (ปีพิมพ์). ชื่อวิทยานิพนธ์ . (ระดับวิทยานิพนธ์). มหาวิทยาลัย, เมืองที่ตั้งมหาวิทยาลัย.
ตัวอย่าง	Caprette, C.L. (2005). Conquering the cold shudder: The origin and evolution of snake eyes . (Doctoral dissertation). Ohio State University, Columbus, OH.

2.4 อ้างอิงจากรายงานการวิจัย/รายงานทางวิชาการ (Technical/Research reports)

รูปแบบ	ชื่อผู้แต่ง. (ปีพิมพ์). ชื่อเรื่อง (ประเภทของเอกสาร). สถานที่พิมพ์: สำนักพิมพ์.
ตัวอย่าง	Tayama, T. (2006). Velocity influence on detection and prediction of changes in color and motion direction (Report No. 38). Sapporo, Japan: Psychology Department, Hokkaido University.

2.5 บทความ/บทในหนังสือการประชุม (Proceedings of meeting and symposium)

รูปแบบ ชื่อผู้แต่งในบท. (ปีพิมพ์). **ชื่อเรื่อง**. ใน ชื่อบรรณาธิการ, (บรรณาธิการ), ชื่อการประชุม (หน้าแรก-หน้าสุดท้าย). สถานที่พิมพ์: สำนักพิมพ์.

ตัวอย่าง Deci, E.L., & Ryan, R.M. (1991). **A motivational approach to self: Integration in personality**. In R. Dienstbier (Ed.), Nebraska Symposium on motivation: Vol. 38 Perspectives on motivation (237-288). Lincoln, NM: University of Nebraska Press.

2.6 อ้างอิงจากสื่ออิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ

รูปแบบ ชื่อผู้แต่ง. (ปีพิมพ์). **ชื่อเรื่อง**. Retrieved from <http://.....>[ใส่วันที่สืบค้น].

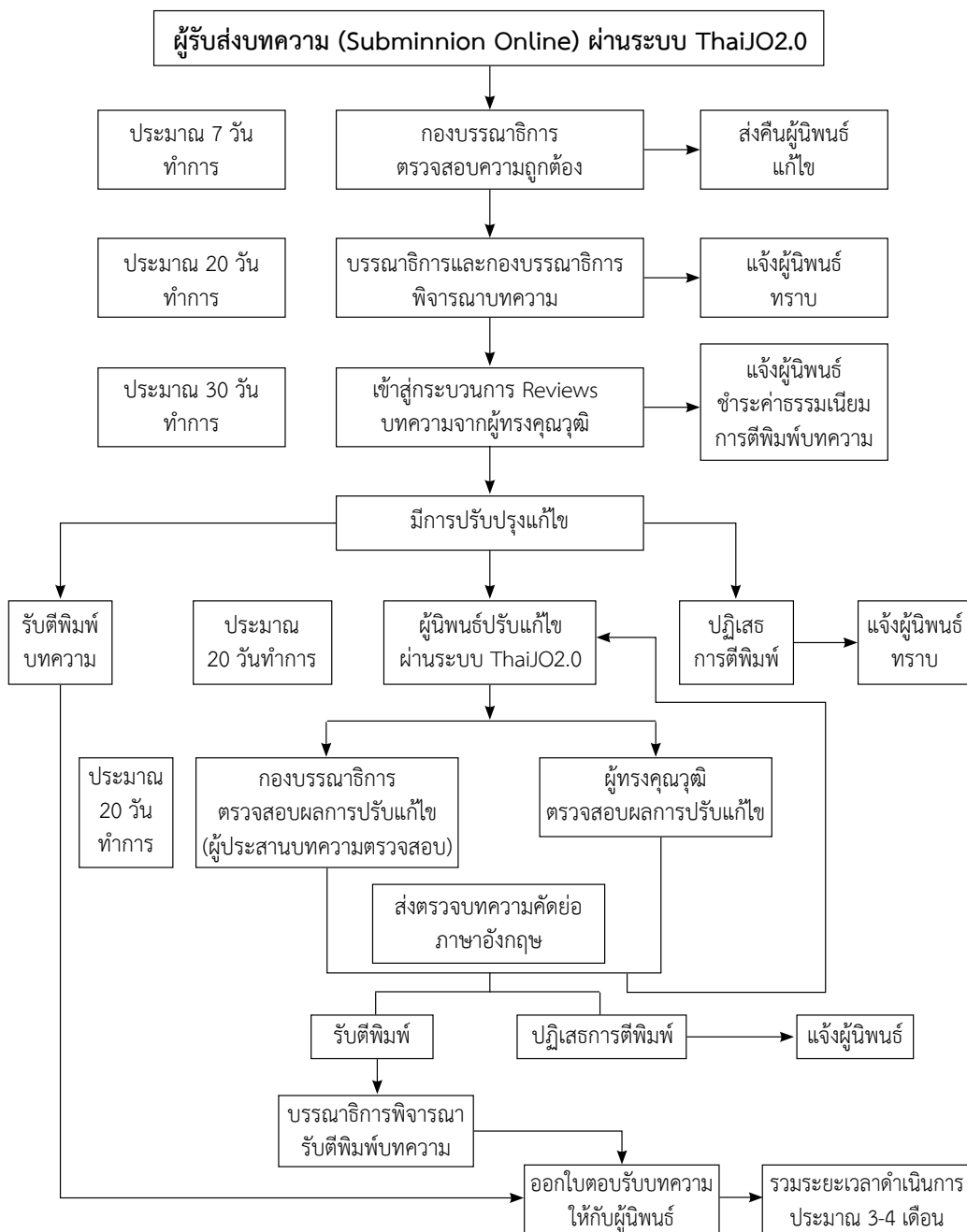
ตัวอย่าง Centers for Disease Control and Prevention. (2003). **Take charge of your diabetes**. Retrieved from <http://www.cdc.gov/diabetes/pubs/paf/ted.pdf> [2015, 25 Oct.]

2.7 อ้างอิงอื่น ๆ

รูปแบบ ชื่อผู้ให้สัมภาษณ์. (ปีที่ให้สัมภาษณ์, วัน เดือน). **สัมภาษณ์**. ตำแหน่งผู้ให้สัมภาษณ์. หน่วยงาน.

ตัวอย่าง Phae-ngam, W. (2016, 10 Jan.). **How to write a good research article**. Assistant Professor. Faculty of Science and Technology. Phranakhon Rajabhat University

ขั้นตอนการพิจารณาบทความ วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



หมายเหตุ: ทางวารสารขอสงวนสิทธิ์ที่จะเรียบเรียงและอาจปรับปรุงการนำเสนอบทความตามความเหมาะสม

รูปแบบบทความเพื่อส่งตีพิมพ์ในวารสารวิจัยราชภัฏพระนคร
สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ภาษาไทย)

ชื่อเรื่องภาษาไทย (TH SarabunPSK ขนาด 16pt. ตัวหนา)

ENGLISH TITLE (TH SarabunPSK 16pt. bold)

ชื่อ-สกุล ผู้แต่งบทความ^{1*} ชื่อ-สกุล ผู้แต่งบทความ² (TH SarabunPSK ขนาด 14pt. ตัวปกติ)

¹ชื่อหน่วยงานที่สังกัด (TH SarabunPSK ขนาด 12pt. ตัวปกติ)

²ชื่อหน่วยงานที่สังกัด (TH SarabunPSK ขนาด 12pt. ตัวปกติ)

Author^{1*}, Author ²

(TH SarabunPSK 14pt. normal)

¹Affiliation(TH SarabunPSK 12pt. normal)

²Affiliation (TH SarabunPSK 12pt. normal)

*E-mail: address@mailservice.com (TH SarabunPSK 12pt. normal)

Received: xx-xx-xx

Revised: xx-xx-xx

Accepted: xx-xx-xx

บทคัดย่อ (TH SarabunPSK ขนาด 14pt. ตัวหนา)

เนื้อหาบทคัดย่อในกรณีเป็นบทความภาษาไทยต้องมีบทคัดย่อเป็นภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ยกเว้นบทวิจารณ์หนังสือ บทคัดย่อควรมีย่อหน้าเดียว ไม่ควรเกิน 250 คำ บทคัดย่อควรกล่าวถึงวัตถุประสงค์หลักของบทความ ผลลัพธ์หรือ สรุปผลที่ได้จากการทำวิจัย คำสำคัญที่เป็นภาษาไทยไม่ต้องมีเครื่องหมายจุลภาค (,) ระหว่างคำ

(TH SarabunPSK ขนาด 14pt. ตัวปกติ).....

คำสำคัญ: คำสำคัญ1 คำสำคัญ2 คำสำคัญ3 คำสำคัญ4 คำสำคัญ5 (TH SarabunPSK ขนาด 14pt. ตัวปกติ)

ABSTRACT (TH SarabunPSK 14pt. bold)

For a Thai article, an abstract in English must accompany the Thai version. The abstract should contain a single paragraph and its length should not exceed 250 words. It should be prepared in concise statement of objectives and summary of important results.

Keywords: keyword1, keyword2, keyword3, keyword4, keyword5 (TH SarabunPSK 14pt. normal)

บทนำ (TH SarabunPSK ขนาด 14pt. ตัวหนา)

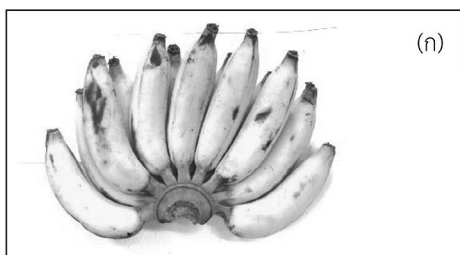
เนื้อหา (TH SarabunPSK ขนาด14pt.ตัวปกติ).....

วิธีการ (TH SarabunPSK ขนาด 14pt. ตัวหนา)

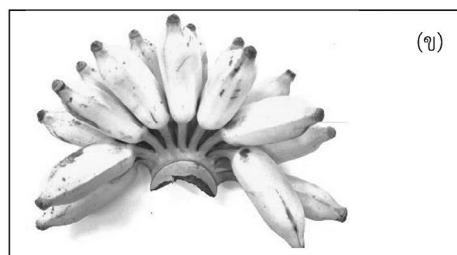
เนื้อหา (TH SarabunPSK ขนาด14pt.ตัวปกติ).....

ผลการทดลองและวิจารณ์ (TH SarabunPSK ขนาด 14pt. ตัวหนา)

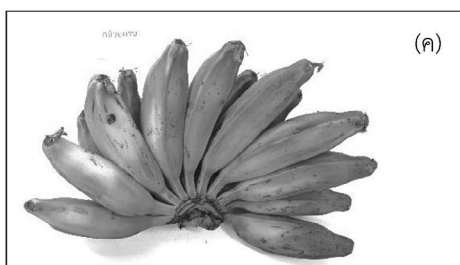
เนื้อหา (TH SarabunPSK ขนาด 14pt. ตัวปกติ).....



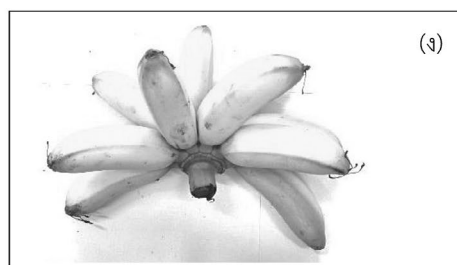
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 1 ชื่อภาพ....(ก)..... (ข)..... (ค)..... (ง).....

ตารางที่ 1 ชื่อตาราง

เวลาที่ใช้ (นาท)	ความดัน (mbar)				ความดันเฉลี่ย (mbar)
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	
90	0.000061	0.000053	0.000037	0.000048	0.000050
95	0.000055	0.000053	0.000038	0.000044	0.000048
100	0.000055	0.000052	0.000037	0.000048	0.000048

หมายเหตุ : (TH SarabunPSK ขนาด 12pt. ตัวปกติ)

สรุป (TH SarabunPSK ขนาด 14pt. ตัวหนา)

เนื้อหา (TH SarabunPSK ขนาด 14pt. ตัวปกติ).....

กิตติกรรมประกาศ (TH SarabunPSK ขนาด 14pt. ตัวหนา) (อาจมีหรือไม่มีก็ได้)

เนื้อหา (TH SarabunPSK ขนาด 14pt. ตัวปกติ).....

เอกสารอ้างอิง (TH SarabunPSK ขนาด 14pt. ตัวหนา)

เนื้อหา (TH SarabunPSK ขนาด 14pt.)

รูปแบบบทความเพื่อส่งตีพิมพ์ในวารสารวิจัยราชภัฏพระนคร
สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ภาษาอังกฤษ)

ENGLISH TITLE (TH SarabunPSK 16pt. bold)

Author 1*, Author 2 (TH SarabunPSK14pt.normal)

¹Affiliation(TH SarabunPSK12pt.normal)

²Affiliation(TH SarabunPSK12pt.normal)

*E-mail: address@mailservice.com (TH SarabunPSK 12pt. normal)

Received: xx-xx-xx

Revised: xx-xx-xx

Accepted: xx-xx-xx

ABSTRACT (TH SarabunPSK 14pt. bold)

The abstract should contain a single paragraph and its length should not exceed 250 words. It should be prepared in concise statement of objectives and summary of important results.

Keywords: keyword1, keyword2, keyword3, keyword4, keyword5 (TH SarabunPSK 14pt. normal)

Introduction (TH SarabunPSK 14pt. bold)

(TH SarabunPSK 14pt. normal)

Methods (TH SarabunPSK 14pt. bold)

(TH SarabunPSK 14pt. normal)

Results and Discussions (TH SarabunPSK 14pt. bold)

(TH SarabunPSK 14pt. normal)

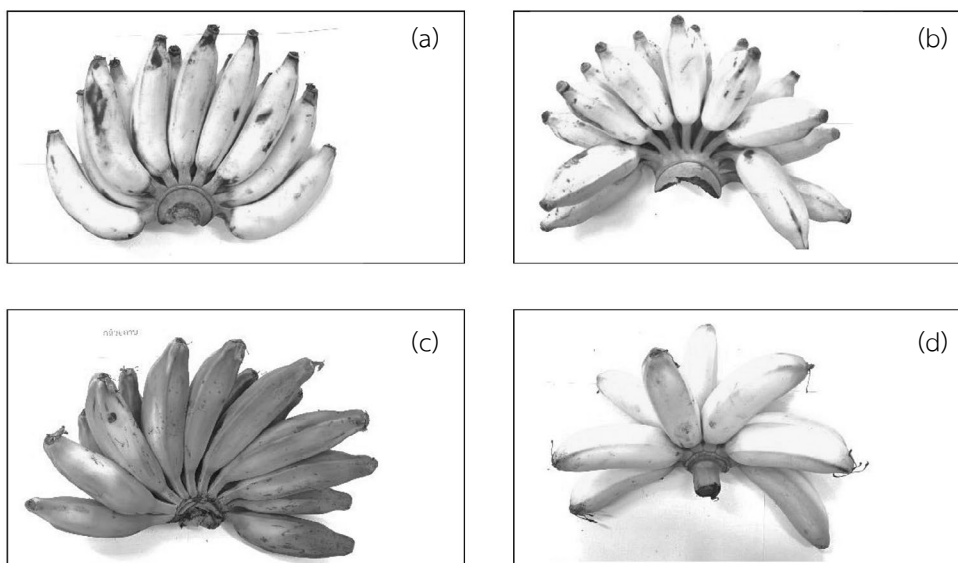


Figure 1(a)..... (b)..... (c)..... (d).....

Table 1 table name

Time (minuts)	Pressure (mbar)				Avg. Pressure (mbar)
	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	
90	0.000061	0.000053	0.000037	0.000048	0.000050
95	0.000055	0.000053	0.000038	0.000044	0.000048
100	0.000055	0.000052	0.000037	0.000048	0.000048

Note: (TH SarabunPSK 12pt. normal)

Conclusions (TH SarabunPSK 14pt. bold)

(TH SarabunPSK 14pt.).....
.....

Acknowledgement (TH SarabunPSK 14pt. bold) (optional)

(TH SarabunPSK 14pt.).....
.....

References (TH SarabunPSK 14pt. bold)

(TH SarabunPSK 14pt.)
.....
.....

จริยธรรมในการตีพิมพ์ Publication Ethics

วารสารวิจัยราชภัฏพระนครสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีมาตรฐานทางจริยธรรมในการตีพิมพ์บทความ ดังนี้

จริยธรรมของผู้แต่งบทความ

1. บทความที่ส่งต้องเป็นบทความที่ไม่เคยมีการตีพิมพ์หรือเผยแพร่ที่ไหนมาก่อน และต้องไม่คัดลอกผลงานผู้อื่น โดยขาดการอ้างอิงที่ถูกต้อง ยกเว้นบทความที่แปลจากภาษาต่างประเทศที่ผู้แต่งบทความได้รับการยินยอม และมีหลักฐานแสดงแก่วารสาร
2. ชื่อบทความ ชื่อความ รูปภาพ ตารางประกอบ และอื่น ๆ ที่ปรากฏในบทความเป็นความคิดเห็นของผู้แต่ง ถือว่าเป็นความรับผิดชอบของผู้แต่ง กองบรรณาธิการไม่มีส่วนรับผิดชอบร่วมใด ๆ ทั้งสิ้น
3. บทความต้องรายงานผลการทดลอง รวมถึงข้อมูลต่าง ๆ ตามข้อเท็จจริง
4. หากมีการทดลองเกี่ยวกับมนุษย์หรือสัตว์ผู้แต่งต้องปฏิบัติตามหลักจริยธรรมในการวิจัยและข้อกำหนดที่เกี่ยวข้อง
5. บทความต้องปฏิบัติตามหลักเกณฑ์ของวารสารอย่างเคร่งครัดตาม "คำแนะนำสำหรับผู้แต่ง" ทั้งในรูปแบบการจัดบทความ การเขียนอ้างอิง และควรระบุแหล่งทุนที่สนับสนุนการวิจัย (ถ้ามี)
6. เมื่อผู้แต่งได้รับผลการประเมินบทความจากผู้ทรงคุณวุฒิควรเคารพความคิดเห็นทางวิชาการและแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิแล้วส่งกลับมายังกองบรรณาธิการตามระยะเวลาที่กำหนด
7. ชื่อผู้แต่งที่ปรากฏในบทความต้องเป็นผู้ที่มีส่วนในผลงานวิชาการนี้จริง

จริยธรรมของบรรณาธิการ

1. บรรณาธิการและกองบรรณาธิการมีหน้าที่ดำเนินงานวารสารให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของวารสาร
2. บรรณาธิการมีหน้าที่พิจารณาความสอดคล้องของเนื้อหาบทความกับวัตถุประสงค์และขอบเขตของวารสาร
3. บรรณาธิการมีหน้าที่กลั่นกรองตรวจสอบคุณภาพและพิจารณาความถูกต้องของบทความร่วมกับกองบรรณาธิการ และผู้ทรงคุณวุฒิก่อนการตีพิมพ์
4. บรรณาธิการต้องไม่มีส่วนได้ส่วนเสียกับผู้แต่งผู้ประเมินบทความ และบุคคลอื่น ๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง
5. บรรณาธิการต้องสนับสนุนให้มีกระบวนการพิจารณาการประเมินบทความจากผู้ประเมินที่มีความชำนาญต่อเนื้อหาของบทความ รวมถึงระบบการปกปิดความลับของการพิจารณาการประเมิน และระบบการป้องกันข้อมูลส่วนตัวของผู้แต่งและผู้ประเมินบทความ (Double blinded)
6. บรรณาธิการมีหน้าที่รักษามาตรฐานของวารสาร รวมถึงพัฒนาวารสารให้มีคุณภาพอยู่เสมอ

จริยธรรมของผู้ทรงคุณวุฒิประเมินบทความ

1. ผู้ทรงคุณวุฒิต้องตระหนักถึงความเชี่ยวชาญตามศาสตร์ของตนเองในการรับประเมินบทความ และพิจารณาบทความตามหลักวิชาการและจริยธรรมสากลโดยปราศจากอคติหรือความคิดเห็นส่วนตัวที่ไม่มีข้อมูลทางวิชาการรองรับ และไม่มีส่วนได้เสียหรือผลประโยชน์ทับซ้อนกับผู้แต่ง
2. ผู้ทรงคุณวุฒิต้องตรวจสอบความซ้ำซ้อนของบทความกับงานตีพิมพ์อื่น ๆ
3. ผู้ทรงคุณวุฒิต้องไม่เปิดเผยข้อมูลทุกส่วนของบทความที่ทำการประเมินให้แก่บุคคลอื่นที่ไม่เกี่ยวข้องในระหว่างการประเมินบทความ
4. ผู้ทรงคุณวุฒิต้องไม่นำข้อมูลในบทความที่ตนประเมินไปเป็นผลงานของตนเองก่อนบทความนั้นได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่
5. ผู้ทรงคุณวุฒิควรตรงต่อเวลาในการส่งผลการประเมินบทความ และหากตรวจพบเนื้อหาในบทความที่มีความซ้ำซ้อนกับผลงานอื่น ผู้ทรงคุณวุฒิต้องแจ้งให้กับบรรณาธิการทราบ และปฏิเสธการตีพิมพ์บทความนั้น ๆ

